



Facultad de
**Información y
Comunicación**



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Maestría en Información y Comunicación

Tesis para defender el título de la Maestría en
Información y Comunicación

**LAS ESTRATEGIAS DE DISEÑO DIGITAL EN LAS
ETAPAS DEL PROCESO DE PROYECTOS DE
ARQUITECTURA. UN ESTUDIO DE CASO DENTRO
DEL CURSO DE TFC DEL TALLER COMERCIAL EN LA
FACULTAD DE ARQUITECTURA DISEÑO Y
URBANISMO DURANTE LOS AÑOS 2018 Y 2019.**

Autor: Raúl Felipe Buzó da Silveira

Director de tesis: Dr. Eduardo Álvarez Pedrosian

Montevideo,

octubre 2022



Facultad de
**Información y
Comunicación**



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

El Tribunal docente integrado por los abajo firmantes, aprueba la Tesis:

“LAS ESTRATEGIAS DE DISEÑO DIGITAL EN LAS ETAPAS DEL PROCESO DE PROYECTOS DE ARQUITECTURA. UN ESTUDIO DE CASO DENTRO DEL CURSO DE TFC DEL TALLER COMERCI EN LA FACULTAD DE ARQUITECTURA DISEÑO Y URBANISMO DURANTE LOS AÑOS 2018 Y 2019.”

Tesista: Raúl Felipe Buzó da Silveira

Maestría en Información y Comunicación

Fallo:

Tribunal:

Profesor/a:

Profesor/a:

Profesor/a:

Tabla de contenido

1.	RESUMEN.....	1
2.	PRESENTACIÓN.....	2
2.1	ENUNCIACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
2.2	INTERÉS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	7
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	10
3.1	EL DIBUJO COMO LENGUAJE.....	10
3.2	EL DIBUJO COMO ARTE.....	13
3.3	DIBUJO DE COMUNICACIÓN Y EXPRESIÓN.....	14
3.4	DIBUJO Y REPRESENTACIÓN.....	16
3.5	LOS SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN EN LA HISTORIA RECIENTE.....	19
3.6	DE LA SIMPLICIDAD A LA COMPLEJIDAD.....	21
3.7	NUEVO PARADIGMA EN ARQUITECTURA.....	23
3.8	EL SIGLO XXI Y LO DIGITAL.....	26
3.9	ANÁLOGO-DIGITAL.....	29
3.10	UN NUEVO <i>GIRO</i> DIGITAL.....	32
3.11	DETERMINISMO TECNOLÓGICO.....	33
3.12	DIBUJO Y MEDIO DIGITAL.....	35
3.13	ARQUITECTURA DIGITAL Y EDUCACIÓN.....	37
3.14	EL NUEVO SUJETO DE APRENDIZAJE.....	39
4.	OBJETIVOS.....	43
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	43
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	43
5.	PREGUNTAS QUE BUSCA RESPONDER EL PROYECTO.....	44
5.1	PREGUNTAS ESPECÍFICAS DE INVESTIGACIÓN.....	44
6.	METODOLOGÍA.....	45
6.1	DEFINICIÓN DE LA ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	46
6.2	EL <i>ESTUDIO DE CASO</i> COMO MÉTODO.....	47
6.3	CONFIGURACIÓN DEL CASO.....	48
6.4	CONSTRUCCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	51
6.4.1	Entrevistas en profundidad.....	51
6.4.2	Investigación Documental.....	52
7.	EL ESTUDIO DE CASO.....	60
6.5	EL INICIO DE LO DIGITAL EN LA FACULTAD DEL ESTUDIO DE CASO.....	60
6.6	DE LA INMERSIÓN INICIAL AL MUESTREO ADECUADO.....	62
6.6.1	Repositorios Digitales.....	62
6.6.2	Entrevistas interpersonales.....	64
6.6.3	El caso del Taller Comerci.....	69
6.7	ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO – EL ESTUDIO DE CASO.....	72
6.7.1	FASE 1 – Entrevistas en profundidad.....	72
6.7.2	FASE 2 - Investigación Documental.....	111
7	CONSIDERACIONES FINALES.....	157
7.1	LA ESTRATEGIA DIGITAL DENTRO DE LA FADU.....	159
7.2	OBSERVACIONES DEL ESTUDIO DE CASO.....	161
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	168

1. Resumen

El dibujo, a lo largo de la historia, se ha estructurado como un instrumento estrechamente vinculado al ámbito de la arquitectura. Desde sus inicios se dispuso como una de las maneras más directas para transmitir las ideas y facilitar la construcción arquitectónica, conformándose como el lenguaje común al conjunto de actores que participan en su proceso. De esta forma, hablar de arquitectura implica hablar de su expresión, sus medios para definirla, limitarla o expandirla.

Dentro del ámbito académico, centro de la investigación, el análisis y visualización del proyecto arquitectónico se ha formado en base a los medios de representación presentes en su comunicación gráfica. En dichos procesos de comunicación, los generados mediante métodos informáticos se han popularizado, siendo habituales en todas las escuelas de arquitectura (tanto a nivel regional e internacional como nacional). Sin embargo, a pesar de la expansión generalizada de lo digital, el espacio arquitectónico continúa vinculado a los principios y métodos tradicionales de ideación y proyecto, basados en la geometría euclidiana, la perspectiva, el sistema cartesiano y la geometría descriptiva. Este conjunto de saberes sigue siendo utilizado en la contemporaneidad como base instrumental del proceso proyectual, donde lo geométrico se ha mantenido, cambiando únicamente las herramientas que se utilizan para producir los dibujos y el soporte en donde pueden ser visualizados.

De esta manera, la presente tesis propone una investigación exploratoria con el objetivo de indagar sobre el impacto y las transformaciones que se están produciendo dentro de la academia, específicamente en la FADU (UdelaR), a partir de la inclusión de la arquitectura digital y su vinculación a las herramientas tradicionales. En consecuencia, se pretende indagar sobre las implicaciones conceptuales y técnicas de los medios de ideación digital sobre la didáctica proyectual de arquitectura realizada en los talleres de anteproyecto y poder estudiar cuál es la dirección que ha tomado la enseñanza del proyecto bajo la influencia de las herramientas digitales y su relación con las tradicionales.

Palabras clave: *arquitectura computacional; representación; digital; proyecto; diseño.*

2. Presentación

2.1 Enunciación del problema de investigación

En el ámbito de la arquitectura, el medio para crear las ideas y expresarlas a los demás se produce con el dibujo. Con este instrumento de representación se conciben y comunican las creaciones arquitectónicas, posibilitando su expresión a través de diversos recaudos gráficos y escritos, entre los que encontramos planos, imágenes, dibujos u otros medios gráficos (Gámiz, 2003). De esta manera, el dibujo de arquitectura se establece no sólo como un instrumento para facilitar la representación de la propia idea proyectual, haciéndolo visible y definiendo su materialidad, sino también como un elemento generador de pensamiento con el cual se formulan y abordan los problemas de diseño (Alba, 2014).

El instrumento de representación de la arquitectura, al igual que otras manifestaciones artísticas, evoluciona de acuerdo con los cambios culturales que la sociedad experimenta. La arquitectura, como forma de expresión cultural, refleja las condiciones y circunstancias bajo las cuales ha sido concebida y construida. Es así como, a lo largo de la historia, los diferentes avances en el campo de la representación influyeron en diferentes y variadas formas de producir arquitectura. El cambio en la forma de representar y, por lo tanto, de concebir el objeto arquitectónico, produce importantes modificaciones en la estructura de la creación, y a través de ellas, en sus nuevas concepciones espaciales. “Los sistemas de representación se encuentran restringidos a las técnicas y recursos conocidos y dominados en una época” (Chiarella, 2009, p. 50).

Durante las últimas décadas, la incorporación de las tecnologías de información y comunicación (en adelante: TIC) en los diferentes estratos de la cotidianidad han producido profundas transformaciones en casi todos los ámbitos de nuestra existencia. La manera de informarnos, de consumir y de vincularnos se ha visto mediatizada por los entornos virtuales, donde paulatinamente ha ido sustituyendo a los entornos físicos, produciendo la gestación de nuevas formas culturales y la continua redefinición de las ya existentes. Este proceso de transición ha facilitado el acceso a más y nuevas maneras de recibir y manipular información, aspecto que ha influido profundamente en la conformación, desarrollo y evolución de diversas disciplinas profesionales.

En la arquitectura, centro de la investigación, los nuevos paradigmas culturales han provocado importantes modificaciones en la manera que se tiene de entender, concebir y representar la disciplina. Esta serie de cambios, introducidos por las herramientas digitales, puede compararse, según palabras Sainz & Valderrama (1992), al descubrimiento de la perspectiva como sistema de proyección y representación en el renacimiento, o como plantea Carazo & Martínez (2013) a la influencia de la revolución industrial de principios del siglo XX.

El cambio de paradigma, sustentado en la introducción de los sistemas computarizados en la arquitectura y la construcción, caracterizado por la no linealidad, lo dinámico e imprevisibles, va modificando las tradicionales concepciones espaciales de la arquitectura, principalmente en los ámbitos de representación, visualización, gestión de la información y utilización del concepto de virtualidad. Las nuevas posibilidades planteadas por las herramientas informáticas, tanto para la ideación como para la construcción de formas complejas, se alejan de los esquemas de diseño y producción tradicionales. De esta manera, se transforman las bases de lo que se ha entendido como arquitectura desde hace cinco siglos (Fernández, 2015).

En este contexto, de cambios constantes, abruptos y acelerados, la enseñanza de arquitectura, sumergida en una realidad compleja, contradictoria y múltiple, se ha caracterizado, según plantea Chiarella (2009, p. 95), por el “cuestionamiento de la idoneidad de las actuales estructuras académicas y de la didáctica tradicional, para responder con éxito a los nuevos paradigmas culturales”. Por lo tanto, para el autor, definir el modo como se deben incorporar las tecnologías digitales a los procesos de enseñanza, principalmente a partir de la década de los noventa, ha sido parte de las preocupaciones de las diferentes universidades de arquitectura.

Sin embargo, esto ha supuesto un reto para todas las instituciones, en la medida que el espacio arquitectónico se ha venido ideando, proyectando y representando con los principios y métodos de la geometría euclidiana, de la perspectiva, del sistema cartesiano y de la geometría descriptiva. Este conjunto de saberes enfatiza Chiarella (2009, p. 80), “han formado y forman la estructura instrumental básica con que cuentan los estudiantes y profesionales para la prefiguración arquitectónica”, siendo utilizados en la contemporaneidad como base instrumental del proceso proyectual, donde lo geométrico se ha mantenido, cambiando únicamente las herramientas que se utilizan para producir los dibujos y el soporte en donde pueden ser visualizados.

Este proceso ha decantado en que la gestación de los dibujos y su capacidad de simulación haya alcanzado cotas muy importantes de calidad en lo referente a su forma y producción, pero ignorando, según palabras de Lyon (2007) las verdaderas potencialidades creativas de las tecnologías digitales. Se podría concluir, enfatiza Velandia (2009) que la concepción generalizada en el ámbito de la arquitectura, en referencia al empleo de lo digital, se conforma como un “gran lápiz sofisticado que reemplaza labores y tareas antes realizados por la mano” (p. 23).

Así pues, Lyon (2007) establece que la implementación de las tecnologías digitales en la enseñanza aún se encuentra bajo un paradigma propio de los métodos tradicionales, aspecto que ha determinado que muchas de las estrategias didácticas proyectuales vigentes no se correspondan con las características de los nuevos sujetos de aprendizaje.

Estas nuevas generaciones de estudiantes, conformados en su cotidianeidad por la vinculación con los teléfonos móviles, consolas de videojuegos, computadoras personales, la red de redes, etc., han generado nuevas estructuras mentales a partir de una estrecha naturalización de las nuevas tecnologías y su entorno inmediato (García & Morcillo, 2007). En este sentido, Prensky (2001), establece que los jóvenes de hoy no pueden aprender cómo los jóvenes de ayer porque son diferentes tanto su cerebro como su cultura. Esta brecha condiciona al proceso mismo de aprendizaje, donde la enseñanza estructurada únicamente sobre los modelos tradicionales no puede asumir estratégicamente las potencialidades de los nativos digitales. Para solventar esta problemática el autor reclama nuevas vías de enseñar para conectar a los nuevos alumnos con su propio proceso de aprendizaje.

La distancia presente entre los nativos e inmigrantes digitales, planteados por Prensky (2001), se conforma, según Chiarella (2009), como uno de los principales obstáculos para el aprovechamiento de las nuevas interfaces digitales. En esta línea, Carazo & Martínez (2013) plantean la existencia de una cuestión generacional en el no reconocimiento del potencial digital por parte del cuerpo docente, debido principalmente a un mecanismo defensivo innato denominado por algunos autores como *extrañamiento gráfico* (Uría 2007, Otxotorena 2007). Para los autores, dicho mecanismo pretende evitar que una de las disciplinas más controladas por los arquitectos, como es el dibujo, pase inevitablemente al territorio de los nuevos mecanismos de la sociedad de la información, convirtiéndola en una especialidad minoritaria y sectaria.

En este contexto, Chiarella (2009, p. 100) plantea que “la enseñanza basada solamente en modelos tradicionales no puede asumir estratégicamente las potencialidades de los nativos digitales, en la medida que su ambiente se caracteriza por cualidades diferentes al contexto en el que se desenvuelven cotidianamente”. Este proceso lleva, en la mayoría de los casos, a aplicar soluciones de contingencia y poco estructurales, aspecto que ha generado, en palabras de Bermúdez (1998, p. 59) a “utilizaciones y entendimientos superficiales, esfuerzos inútiles y experiencias frustrantes, en medio de un ambiente que cuenta con un gran potencial productivo, exploratorio, teórico y pedagógico”.

Por lo tanto, se observa la necesidad de adecuar el rol docente, dejando atrás los modelos basados en la enseñanza tradicional. Para este proceso es necesario, según establece Chiarella (2009), que la enseñanza de arquitectura no se centre únicamente en el aprendizaje de los conocimientos y habilidades necesarias para manipular los instrumentos gráficos digitales, sino en la comprensión de las herramientas de representación y prefiguración y lo que ellas suponen para la ideación y comprensión de la arquitectura.

En el ámbito local, la Facultad de Arquitectura diseño y urbanismo de la Universidad de la República (en adelante: FADU, UdelAR), centro de la investigación, el abordaje

institucional sobre la incorporación de lo digital se ha caracterizado por presentar similitudes con lo acontecido a nivel regional e internacional. Sin embargo, según lo plantea Bonfiglio (2019), en el informe *TICs en FADU*¹, la institución ha presentado una evolución lenta, lo que ha llevado a que la facultad no esté a la par de las tendencias extranjeras.

Para el profesor, dentro de la institución no se han logrado los apoyos necesarios en las áreas dedicadas a lo digital en arquitectura, no pudiendo progresar académicamente según las tendencias contemporáneas del resto de escuelas y facultades de arquitectura a nivel mundial. De esta forma, Bonfiglio (2019, p. 25), establece:

“En los últimos 10 años los departamentos de informática aplicada de la mayoría de las escuelas de arquitectura de los países más industrializados han ido creciendo y diversificándose a un paso mucho más acelerado que el resto de las áreas curriculares”².

Bonfiglio (2019) describe que la facultad presenta una estructura compleja, horizontal y con jerarquías difusas, aspecto que promueve el trabajo innovador y colaborativo, pero también dificulta o hace más cerrada la implementación o reconocimiento de nuevas ideas, sobre todo si son controvertidas. En esta realidad académica local, continúa el docente, la aplicación de las tecnologías digitales se ha gestado sobre la base de una formación fundamentalmente autodidacta de profesores y estudiantes. A este aspecto se le suma la existencia de herramientas informáticas de última generación no incorporadas en el área proyectual; problemas de masividad y búsqueda de alternativas desde el estudiantado; falta de visibilidad y comunicación entre las partes; y una organización con límites borrosos y responsabilidad solapadas, entre otros.

Desde mi experiencia personal y profesional como docente del *Centro de Integración Digital (ex Departamento de Informática aplicada al Diseño)* de la FADU (UdelaR), he evidenciado que, a pesar de experiencias puntuales en la búsqueda de vincular lo digital a la academia, como el caso del arquitecto Sergio Barreto en el *taller Comerci*, o el arquitecto Juan Pablo Portillo en el *Centro de Integración Digital* (según palabras de Bonfiglio, 2019), no se ha invertido tiempo, desde la institución, en indagar sobre

¹ Documento de asesoría sobre las tecnologías de la información y la comunicación aplicadas en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de la República.

² Ej: ETH de Zurich, dentro del Instituto de Tecnología en Arquitectura. En ese instituto se ubican actualmente las siguientes cátedras "digitales", además de las más tradicionales de Diseño de Estructuras, Acondicionamientos, y Procesos Constructivos: Tecnologías de Construcción Digital (Robots, Impresión 3D a escala 1:1) / Diseño Arquitectónico Asistido por Computadora (Realidad Virtual, aumentada y programación, desarrollos teóricos) / Arquitectura y Fabricación Digital (corte laser, CNC, plasma, impresión 3D, robots, desarrollos teóricos) / Arquitectura y Estructura (form-finding, tenso-estructuras y herramientas visuales de cálculo) / Arquitectura de la Información (visualización de datos, mappings).

cuál debería ser el papel de las tecnologías de información y comunicación en la enseñanza arquitectónica. Además, no se ha investigado sobre el rol de la academia en la capacitación de futuros arquitectos para el manejo de las herramientas informáticas y, por otro lado, no se ha inquirido si es necesario que exista una diferencia entre la utilización de las tecnologías con objetivos pedagógicos y la capacitación en el manejo de herramientas digitales específicas para satisfacer las necesidades de un futuro mercado laboral.

Este proceso ha determinado que las metodologías de enseñanza más extendidas dentro de la institución de estudio, en relación con lo digital y la arquitectura, se hayan sintetizado en la realización de cursos de capacitación de comandos específicos de un software determinado y desarticulados del plan de estudio vigente. De esta manera, la mayoría de las aproximaciones a lo digital han sido entendidas como la adquisición de capacidades técnicas y no como un complejo proceso cultural, alejándose de la comprensión de lo que estas herramientas de representación y prefiguración suponen para la ideación y conceptualización de la arquitectura. Como resultado, se observa que las potencialidades en la utilización creativa de estas tecnologías permanecen mayoritariamente ignoradas.

En consecuencia, la enseñanza dentro de la institución se ha venido desarrollando en un ambiente híbrido de trabajo, conformados por los sistemas de producción tradicionales y las herramientas digitales, pero en la mayoría de los casos desarticulados entre sí, donde los estudiantes han sido vinculados a la disciplina de la misma manera en que lo recibió el docente a cargo. Este proceso se ha conformado sin una reflexiva aproximación a los cambios acontecidos en los medios de expresión y la forma de conseguir, administrar y transmitir la información en la contemporaneidad.

En relación con esta problemática, Bermúdez (1998) advierte como en la década del noventa, dentro de las escuelas de arquitectura de los EE. UU., el camino de mixtura elegido se observa altamente positivo, en la medida que la arquitectura nace y es definida por la materialidad, lo corpóreo, y por lo tanto requiere de ese carácter real suministrado desde lo analógico. Sin embargo, el autor establece que desde las instituciones ha faltado el trazado de metodologías y teorías que vinculen los sistemas de producción análogos y digitales. El resultado de este proceso, continua el arquitecto, ha decantado en que las facultades se encuentren en un ambiente productivo híbrido, con las ventajas que eso implica, pero paradójicamente sin ninguna teoría, pedagogía o conocimiento para liderarlo. La inexistencia de un profundo abordaje institucional genera una aproximación superficial, dejando que sean los estudiantes, y no los docentes o autoridades, los que relacionan dichas conexiones, generando entendimientos superficiales y esfuerzos sin resultados.

En este contexto de desarticulación, tal como lo planteaba Steele a inicios del siglo XXI, se evidencia la necesidad de una profunda reflexión donde se analicen las consecuencias

en los espacios concebidos a través de las tecnologías digitales (Steele, 2001). A pesar de que los dichos del arquitecto datan de casi veinte años, se siguen encontrando hoy en día, segunda década del siglo XXI, autores que no esconden su escepticismo o no aceptan el giro digital en la arquitectura y su influencia en la conformación de una nueva realidad (Otxotorena 2007, citado por Carazo & Martínez, 2013).

A partir de lo planteado, la presente tesis propone una investigación exploratoria con el objetivo de poner de manifiesto el impacto y las transformaciones que se están produciendo dentro de la FADU (UdelaR), a partir de la inclusión de la arquitectura digital. De esta manera, se busca propender a la construcción de un marco teórico que contribuya a la inclusión de los medios de ideación digital, y su vinculación a los tradicionales, como un campo más de estudio de la disciplina en el contexto tecnológico cultural actual. Además, se pretende contribuir a la reflexión académica sobre el estado del arte de los medios digitales; y sobre el origen, aplicaciones presentes y alcances futuros de los mismos, en la Sociedad del Conocimiento.

La investigación se estructura a partir del análisis de la producción arquitectónica, específicamente en el campo de lo proyectual, donde más allá de investigar sobre el software o hardware utilizado por los estudiantes, se busca indagar la manera y el grado en que las tecnologías digitales son vinculadas con la producción de arquitectura dentro de la institución educativa. En otras palabras, la investigación se plantea en cómo las técnicas y tecnologías digitales impactan a la arquitectura dentro del ámbito académico de la FADU (UdelaR).

No se trata, por lo tanto, de discutir si aceptamos o no la implementación de lo digital en la arquitectura. Dicho debate a estas alturas de los acontecimientos es en vano, en la medida que lo digital ha llenado la totalidad del mundo de la arquitectura. Su implementación, tanto en el ámbito académico como el profesional, ha gestado nuevos y cambiantes escenarios que hoy en día no se pueden eludir. Es difícil encontrar, en la contemporaneidad, alguna oficina de arquitectura privada, o taller de anteproyecto dentro de la facultad que no dibuje o gestione toda la información mediante métodos computarizados.

En este contexto, se busca indagar sobre las implicaciones conceptuales y técnicas de los medios de producción digital sobre la didáctica proyectual de arquitectura, con el propósito de situar e identificar cuál es la dirección que está tomando la enseñanza del proyecto bajo la influencia de las herramientas digitales, en el contexto de la FADU (UdelaR).

2.2 Interés del trabajo de investigación

El impacto de las tecnologías digitales en la ideación, representación y construcción de la arquitectura ha propiciado una serie de debates y reflexiones que son posibles de

contemplar, hoy en día, con una cierta perspectiva histórica. La distancia de los hechos, luego de casi sesenta años de desarrollo, han permitido la conformación de un tema de estudio maduro, convirtiéndolo en un ámbito de investigación de plena actualidad, necesario, además, para lograr una aproximación completa a un fenómeno siempre complejo como es el del papel que juega la tecnología en la arquitectura.

Las primeras corrientes experimentales de lo digital sucedieron en la década del sesenta y setenta, pero no es hasta la década del noventa donde comienza la verdadera revolución digital, debido principalmente al rápido crecimiento y difusión de la computación en los diferentes ámbitos de la vida contemporánea. En estos últimos años del siglo XX, la relación de la arquitectura con las tecnologías digitales comenzó a ser abordada con cierta profundidad por parte del ámbito académico a nivel internacional, aspecto que generó un interés por la investigación acerca de las posibles transformaciones de la arquitectura a partir de la introducción de lo digital, tanto desde el punto de vista de la concepción del espacio, como también desde los instrumentos que intervienen en el proceso de diseño arquitectónicos.

A pesar del creciente interés suscitado por lo digital en el inicio de este siglo, uno de los referentes en la materia, Janes Steele, planteó la carencia de estudios profundos y consistentes que revisen las inquietudes acerca de la arquitectura digital y analicen las consecuencias en los espacios físicos concebidos a través del uso de las recientes tecnologías digitales. El autor defiende la necesidad de un gran debate en torno al tema, semejante al que acompañó la revolución industrial y que está en la base conceptual de la arquitectura del siglo XX (Steele, 2001).

Sin embargo, una vez adentrados en el siglo XXI, se han ido dejando de lado los debates acerca de las pertinencias o no de ciertos softwares informáticos dentro de un proceso de diseño analógico, o las polémicas sobre las ventajas de los proyectos conformados bajo un régimen tradicional frente al digital. El paulatino crecimiento de la arquitectura algorítmica, con relación a la fabricación digital y las nuevas herramientas de modelado, han supuesto un creciente interés y reflexión por los aspectos tecnológicos e instrumentales de lo digital. Este proceso, comenta Fernández (2015), ha dado lugar a la generación, en todo el mundo, de diferentes FAB Labs (laboratorios de fabricación digital), congresos de gráfica digital (SIGRADI en Iberoamérica, eCAADe en Europa), publicaciones de artículos en revistas especializadas, como también propuestas docentes que relacionan la enseñanza de arquitectura y los nuevos medios.

De este modo, lo digital se ha convertido en uno de los ámbitos para responder a la creciente complejidad de la disciplina arquitectónica, que, a su vez, es una respuesta al grado de complejidad del mundo que nos rodea. Frente a esta nueva realidad, en continuo movimiento, los profesionales de la arquitectura no pueden permitirse tener una relación distante con la tecnología, sino que hay que entenderla en su contexto y apropiarla para poder dar una respuesta a las nuevas necesidades humanas (Bermúdez,

1998). Entender este proceso permite aceptar que el uso de la tecnología digital, para el proyecto arquitectónico, no puede reducirse a ser un asunto meramente instrumental, pues, como plantea Meneses (2018), estas tienen profundas implicaciones en la relación existente entre tecnología y pensamiento, ya que estas median entre lo que somos, pensamos y determinan nuestra manera de actuar.

Imbuido en esta realidad, como docente del *Centro de Integración Digital* de la FADU (UdelaR), donde desarrollo tareas de docencia e investigación (en relación con la información y comunicación de lo digital en arquitectura) el tema de investigación es de vital importancia debido a que éste ha sido uno de los campos donde lo digital ha producido una mayor transformación. Por lo tanto, el punto de articulación histórica en el que nos encontramos nos ofrece la oportunidad para revisar las bases que guían la práctica y educación arquitectónica y, al mismo tiempo, para preguntarnos cómo se pueden hacer mejor.

En palabras de Bermúdez (1998), estamos transitando sobre el borde de un cambio radical en la forma en que pensamos y construimos el orden material y conceptual del mundo y, como profesionales de la materia, tenemos la oportunidad de explorar y avanzar la profesión en una investigación crítica del impacto de lo digital en la arquitectura. Aunque los dichos del autor consten con más de veinte años, la vigencia de sus palabras es aún coherente en nuestra contemporaneidad, donde la relevancia pedagógica del tema de investigación resulta indudable, tanto para la formación académica dentro de la facultad, donde el conocimiento producto de la tarea investigadora es fundamental para el desarrollo docente, como también para los futuros profesionales de la arquitectura.

3. Fundamentación teórica

3.1 El dibujo como lenguaje

En la relación entre los hombres es fundamental un medio de comunicación. El ser humano, desde su origen, se sintió en la necesidad de comunicar sus emociones, preocupaciones y sensaciones acerca del mundo en el que estaba inmerso y así poder enfrentar de mejor manera la realidad que desconocía. En un comienzo, entre los trogloditas, comenta Botero (2018), es posible que el lenguaje utilizado para comunicarse fuese el gutural, tal como lo hacen los demás seres vivos. Más adelante, evolucionando con la misma transformación que el hombre, debió aparecer el lenguaje gestual, al que le pudieron haber seguido el pictórico o icónico, el oral, el textual y otros de órdenes específicas como el musical o matemático.

En el ámbito de la arquitectura, ámbito de la investigación, el medio para comunicar las ideas y expresarlas a los demás se produce, según lo expresa Sainz (1990), mediante tres formas: el *lenguaje natural*, el *lenguaje gráfico* y el *lenguaje arquitectónico*. El primero hace referencia a lo que habitualmente entendemos como teorías, el segundo tiene que ver con los dibujos y el tercero se vincula a las obras.

Dentro del abanico de posibilidades de comunicación y expresión, señaladas por Sainz (1990), el *lenguaje natural* es el más común en la medida que mediante él se expresan todos los seres humanos y, por lo tanto, es el menos específico dentro del ámbito de la arquitectura. Por otro lado, el *lenguaje gráfico*, además de cumplir un papel como medio para la realización física de una obra, adquiere un valor propio que puede estar en contradicción con su materialización posterior. Por último, el *lenguaje arquitectónico* es el más específico de los tres y, por lo tanto, se encuentra restringido a un número de personas vinculadas con la disciplina arquitectónica.

En consecuencia, se observa que el orden establecido por el trinomio de Sainz (*lenguaje natural, gráfico y arquitectónico*) responde a un mayor o menor grado de especificidad de cada uno de los lenguajes con respecto a la arquitectura entendida como un todo. Por lo tanto, el autor plantea que se puede entender al dibujo como un eslabón que se mueve entre el *lenguaje natural* y la propia arquitectura construida (Sainz, 1990).

Esta serie de lenguajes han sido empleados a lo largo de la historia en muy diversa medida. Algunos arquitectos, como es el caso Alvar Aalto, han sido más productivos en lo referente al *lenguaje gráfico*, definiendo esta herramienta como la principal vía para explicar cualquier aspecto arquitectónico, dejando de lado el *lenguaje natural*. Por el contrario, también ha habido arquitectos que no han empleado nunca el *lenguaje arquitectónico*, que no tienen obra realizada y que en ningún momento plasmaron sus ideas en la realidad, como es el caso del teórico Etienne-Louis Boullé. Sin embargo,

todos ellos han utilizado de forma permanente el *lenguaje gráfico*, conformándose como el más común para todos los profesionales relacionados con el mundo de la arquitectura (Sainz, 1990).

En consecuencia, a pesar de que se pueda analizar la arquitectura desde la perspectiva de sus obras o teorías, el uso del *lenguaje gráfico* plantea la posibilidad de un análisis más profundo y certero, permitiendo expresar con mejor claridad los conceptos arquitectónicos al resto de la sociedad. Por lo tanto, escribe Gámiz (2003), el dibujo se establece como el medio idóneo para que el arquitecto piense y exprese las ideas, por lo que se puede considerar como el “lenguaje por excelencia de la arquitectura.” (p. 91).

Desde inicios del siglo XIX, las razones que explicaban la necesidad del dibujo como lenguaje de la arquitectura eran planteadas de la siguiente manera por Vallé (1819):

“No todas nuestras ideas son de una naturaleza que puedan ser comunicadas por medio de una lengua escrita o hablada. Aquellas que se refieren a las formas y posiciones de los cuerpos en el espacio están especialmente en este caso; necesitan a menudo ayudar al discurso, para transmitir las, con representaciones dirigidas a la vista.”

Por otro lado, Gentil (1986, citado por Gámiz, 2003), establece que el *lenguaje gráfico* se puede interpretar como un “conjunto de normas que posibilitan la comunicación gráfica del espacio mediante el soporte del dibujo y la metodología de la geometría” (p. 94). De esta manera, continúa Gámiz (2003), el dibujo se puede entender como un conjunto de signos gráficos entre los que se pueden establecer una serie de relaciones cuyo significado es posible de determinar y conocer.

Sin embargo, Sainz (1985) en su tesis doctoral: *Relaciones entre categorías gráficas y categorías arquitectónicas en el ámbito de la cultura moderna*, establece que a pesar de que el dibujo sea denominado, desde hace ya muchos años, como el *lenguaje gráfico de la arquitectura*, para los lingüistas y semiólogos seguidores de Saussure (como el caso de Mounin), el dibujo de arquitectura no puede ser considerado estrictamente como un lenguaje.

Para justificar la relación entre el dibujo y el lenguaje, Sainz (1985) toma como referencia el libro: *Introducción a la semiología* de Georges Mounin (1972), donde se establecen una serie de categorías a cumplir por los sistemas de signos para poder ser establecidos como lenguajes. De las seis condiciones descriptas para la existencia de una estructura lingüística, el dibujo de arquitectura, según palabras de Sainz (1985, p. 22), “solo cumple una de ellas”: la referida a las funciones del propio lenguaje.

A partir de estas observaciones, Sainz (1985, p. 23) se plantea: “si el dibujo de arquitectura no es un lenguaje, ¿tiene algún interés hablar de lenguaje gráfico?”. El autor establece que no

puede afirmar que el dibujo sea un lenguaje, sin embargo, al estudiarlo desde la perspectiva del lenguaje se puede “descubrir su estructura específica, los elementos que la componen y las relaciones que se establecen entre ellos”. En definitiva, se trata de una “útil herramienta terminológica que permite profundizar en la organización de la representación gráfica de la arquitectura” (p. 24).

De esta manera, con independencia del lugar desde donde se aborde al dibujo, se establece que este medio es, y ha sido a lo largo de la historia, el principal lenguaje de la arquitectura. Por lo tanto, para el desarrollo y comunicación de las ideas arquitectónicas se hace necesario que se conciban y construyan a través del dibujo. Sin embargo, al ser el dibujo la conexión entre nuestros pensamientos y la realidad, nos encontramos, escribe Portela, (2015, p. 12), “ante la problemática de una correcta transmisión de nuestras ideas”.

Para poder dibujar, al igual que ocurre con otros lenguajes, es necesario cierto aprendizaje. Se hace indispensable el conocimiento y dominio de “las técnicas y mecanismos de la ilustración gráfica y la imitación deductiva, los elementos significativos de la construcción de imágenes, la dinámica de las formas, o los esquemas perceptuales”, con el fin de encontrar y disponer de suficientes convenciones para poder sintetizar las ideas con cierta precisión (Sainz, 1990, p. 25).

Asimismo, Montes (1989), establece que la dificultad del dibujo no se encuentra en retener la forma en la memoria, o en lograr una correcta forma según el objeto a representar, sino en “traducir esa realidad a esquemas gráficos, intentando, mediante un ajustado equilibrio de relaciones entre la disposición y gradación de líneas y manchas, una imagen capaz de suscitar en nosotros las necesarias condiciones de ilusión.” (p.18).

Por lo tanto, la expresión gráfica de la arquitectura no se puede considerar, en palabras de Gámiz (2003), como una “simple actividad técnica o destreza mecánica, sino como una tarea de análisis y síntesis, que requiere iniciativa personal y está llena de intenciones.” (p. 99).

En consecuencia, el dibujo como lenguaje arquitectónico necesita de una serie de cualidades en la búsqueda de transmitir correctamente un mensaje y que este sea comprendido en toda su extensión. Según lo expresa Portela (2015), la claridad y exactitud se presentan como parte del paquete de propiedades del dibujo, pero además es necesaria una tercera cualidad: el aspecto estético que todo lenguaje posee, incluido el arquitectónico.

De esta manera, en los siguientes capítulos se indaga sobre la relación existente entre el arte y el dibujo con el objetivo de posicionar al dibujo como técnica, arte y ciencia, para luego profundizar el vínculo que este tiene con el mundo de la arquitectura.

3.2 El dibujo como arte

Según indica Baquero (1983), un dibujo a través de la imitación de realidades puede ofrecer puras imaginaciones, elementos irreales existentes solo en el dibujo o elementos sin posibilidad de medida. Sin embargo, en el dibujo arquitectónico eso no es posible ya que sus trazas implican e imponen la realización de la obra contenida en ellas.

En este sentido, Sainz (1990) plantea que el dibujo de arquitectura, a diferencia del arte del dibujo, presenta una doble particularidad, por un lado, participa de características de su condición de dibujo en general y, al mismo tiempo, presenta dimensiones que le son propias a la arquitectura. En consecuencia, continúa el autor, las complejidades y particularidades de los objetos arquitectónicos determinan que su representación gráfica exija procedimientos diferentes al de otras disciplinas, haciendo evidente, por lo tanto, las diferencias observadas entre los dibujos de los arquitectos y de los realizados por pintores, escultores o los demás ámbitos que utilicen los medios gráficos como medio de comunicación.

Para Baquero (1983), el límite en la vinculación entre el dibujo y la pintura se establece en el hecho que el primero se encuentra más atento a la forma de la imagen que a la cualidad de esta. El dibujo ofrece los elementos primarios y fundamentales, aquello que es común a todos los objetos: el espacio y la forma. Por otro lado, la pintura busca las especificidades del objeto, pudiendo prescindir de su forma con el objetivo de ofrecernos un objeto que solo lo es mientras se mantengan las cualidades que el color le ha otorgado.

Así pues, Sainz (1990) establece que el dibujo de arquitectura se conforma como un campo específico dentro de una esfera mayor, que es el *Arte del Dibujo*, considerada esta como una actividad artística autónoma e independiente. Para el autor, este aspecto se debe al alto contenido instrumental que acompaña a la capacidad expresiva de la disciplina arquitectónica. Mientras que los pintores o escultores utilizan el dibujo para conformar bocetos antes de pintar un cuadro o iniciar la pieza escultórica, el arquitecto, en cambio, “prácticamente piensa dibujando” (p. 26).

Sin embargo, continúa Sainz (1990), el dibujo presenta una limitación en sus valores expresivos, por lo que hacer hincapié en dichos aspectos podría compararse al hecho de considerar bella una partitura independientemente de los sonidos que esta exprese o un texto independiente de lo que diga. Sería como hablar del arte de la caligrafía o el arte de la tipografía. Sin duda, las anteriores actividades se pueden considerar como artes, pero presentan una limitación, su contenido tiene más valor expresivo que su forma. Para el autor, este aspecto no significa que se está rebajando la categoría artística del dibujo, sino que es importante contextualizarlo dentro de un nivel adecuado en la disciplina de la arquitectura.

Gaspar Jaén (1992), en lo que refiere a los usos disciplinares, habla que se puede considerar al dibujo situado epistemológicamente en el límite entre la técnica (ingeniería, construcción), las artes (escultura, pintura o arquitectura) y las ciencias (matemáticas, física, economía, etc.). De todas estas actividades, el dibujo da y recibe aportaciones.

De esta manera, desde el punto de vista técnico, expresa Maltese (1973, a través de Jaén, 1992, p. 32) el dibujo se ha diferenciado de otras técnicas artísticas a lo largo de la historia por una serie de factores: 1) por el soporte; 2) por la técnica; 3) por su tiempo de ejecución y 4) por sus dimensiones.

Por otro lado, Sainz (1990), continuando con los planteos de Bertin (1967), ha establecido cinco condiciones que deben presentar los dibujos de arquitectura, entendiéndolo como un campo específico dentro del arte del dibujo en general:

- 1, que el tema se pueda representar o imprimir;
- 2, que se haga sobre una superficie, generalmente papel o similar, fácilmente transportable, y en su mayor parte blanca, transparente o con fondos de color claro;
- 3, que este soporte tenga un tamaño comprendido aproximadamente entre una hoja de cuaderno y un pliego de papel;
- 4, que permita una visión general del conjunto a la vez que un estudio de sus detalles;
- 5, que esté realizado por cualquier procedimiento gráfico.

En consecuencia, según lo expresado por los diferentes autores, el dibujo de arquitectura presenta rasgos particulares que lo hacen trascender de los simples aspectos técnicos o artísticos para alcanzar la categoría de un completo sistema gráfico específico de la arquitectura. De esta manera, expresa Sainz (1990), el dibujo de arquitectura se conforma como una imagen arquitectónica realizada dentro de un determinado estilo gráfico y con una determinada finalidad arquitectónica, aspecto que le da especificidad y lo distingue de un dibujo artístico cuyo tema sea arquitectura.

3.3 Dibujo de comunicación y expresión

A partir de lo expresado hasta este punto, se observa que el dibujo asociado a la arquitectura, además de presentar particularidades que lo distinguen del resto del arte del dibujo, se mueve dentro del campo de la comunicación, en el entendido que el dibujo es un medio de representación, pero también se mueve dentro del campo de la significación, pues el dibujo es un medio de expresión.

Para comprender el rol del dibujo como medio de comunicación y significación, Sainz (1985) indaga sobre los diferentes tipos de dibujos. Para el autor, un plano de proyecto es indudablemente comunicativo en el entendido que este tipo de dibujos presentan señales que los diferentes receptores pueden interpretar, comprender y así materializar

el proyecto. Sin embargo, un boceto de pocas líneas que sirve para expresar las ideas iniciales de un proyecto (que también es un dibujo de arquitectura) no pretende “comunicar nada a nadie que no sea su propio autor” (p. 21). Es así como el boceto se ubica dentro de la esfera de la significación. En consecuencia, expresa Sainz (1985) el dibujo de arquitectura se mueve simultáneamente dentro del ámbito de la comunicación y la significación.

De esta manera, el dibujo se puede entender como uno de los medios y de las técnicas que permiten, por un lado, la representación de la arquitectura, pero también la comunicación de las ideas del pensamiento crítico y creativo del arquitecto. Sin embargo, esta doble naturaleza del dibujo de arquitectura no es considerada por muchos de los profesionales, tanto fuera como dentro de la academia, y se tiende a verlo como un simple instrumento de proyecto.

En este sentido, Botero (2018), enfatiza que la representación de una obra de arte en la creación artística (entendida como la realización o manifestación de una idea creativa) se puede mirar desde dos ópticas: la representación primaria y la secundaria. Debido a su materialidad, el cuadro donde se plasma la pintura, la escultura y el objeto arquitectónico se posiciona dentro de la primera categoría. Por otro lado, la representación de la idea artística de una obra se considera como representación secundaria, carente de los valores de la misma obra representada. El autor ubica dentro de esta categoría al dibujo con relación a la obra arquitectónica que representa.

De esta manera, continúa Botero (2018), es donde se inicia el trato discriminatorio que se viene dando al dibujo de arquitectura, “que hace que sus valores reales y potenciales se muestren menguados” (p. 54). Se tiende a ver el dibujo únicamente como un instrumento para el proceso de diseño, aspecto que lo ha llevado a una posición de desventaja en función al papel que desempeña como medio de ideación y expresión en el campo de la arquitectura. Así pues, continúa el autor, el dibujo debe ser visto dentro del rol que ejecuta como instrumento en general, “reconociendo su lugar en el proceso de creación arquitectónica como elemento subyacente y activo” (p.53).

Frank Ching (2012) en su libro *Dibujo y Proyecto* plantea que el dibujo se constituye como la forma más directa e intuitiva de comunicación. Para el autor, este medio se presenta como una herramienta compleja que ofrece múltiples posibilidades, tanto comunicativas como creativas y con independencia de la forma que adopte, es el principal soporte para organizar y expresar nuestros pensamientos y percepciones visuales.

En esta misma línea, Alba (2014) habla del papel predominante del dibujo, donde lo establece no solo como un instrumento para facilitar la representación de la propia idea proyectual, haciéndolo visible y definiendo su materialidad, sino también como un elemento generador de pensamiento. Según la autora, a través de este instrumento es

posible trabajar y pensar, provocando el encuentro con nuevas series de imágenes y propuestas que ayudan a determinar el propio proceso de proyecto, donde se aproxima idea y realidad.

De esta forma, como observa Boardbent (1976, citado por Etchegaray, 2015), si se busca aislar las cualidades que definen la arquitectura, las mismas estarán conformadas por la capacidad espacial, específicamente la capacidad para visualizar o generar formas tridimensionales de los objetos a construir, tanto sus espacios interiores como exteriores. Además, por otro lado, comenta Maldonado (1999, citado por Etchegaray, 2015), la exigencia de comunicar a través de un proyecto es “lo que está en el origen de la profesión de arquitecto. En suma, el arquitecto nace con la función de visualizar” (p. 145).

Es así como García Moreno (2018, p. 27) escribe: “hablar de la arquitectura implica inevitablemente hablar de su expresión, sus medios para comunicarla, definirla, limitarla o expandirla”.

3.4 Dibujo y representación

En el ámbito de la arquitectura, la representación puede asumir varias formas, entre ellas se encuentra: el dibujo libre, el dibujo técnico, la geometría, modelos tridimensionales, modelos electrónicos, maquetas, fotografías, entre otros (Saldarriaga, 1996). Cada una de estas formas, continúa el autor, se apropia de la realidad y de las ideas de una manera diferente, sin embargo, todas se convierten en iconos, en imágenes o símbolos que permiten el desarrollo de las ideas, las que se reducen a gestos, formas y trazos para convertirse en material de trabajo. Lograr entender los mecanismos de esta reducción se conforma como la base conceptual e instrumental que funciona de apoyo a los otros saberes de la arquitectura.

En el libro *Representación y análisis formal*, Montes Serrano (1992) indaga sobre el concepto de la representación gráfica y establece que es común afirmar que un dibujo se parezca más o menos a la realidad que evoca. Sin embargo, para el autor es importante determinar el significado de la palabra *parece*, pues no es correcto referirse a un parecido entre un objeto y su dibujo, ya que ambas realidades son completamente diferentes, “una es bidimensional mientras que la otra es un volumen tridimensional” (p.17).

De esta manera, para Montes (1992), la relación entre dibujo y realidad no es una cuestión de parecidos, sino de “equivalencias entre la información recibida de la realidad y aquella otra que el dibujo nos ofrece” (p.17). Es así como el dibujo no se concibe como una copia de la realidad, sino una imagen en dos dimensiones que presenta información capaz de generar en el observador una reacción similar a la producida frente al objeto real. En este sentido, comenta Sainz (1990), la idea base que origina cualquier tipo de dibujo es trasladar mediante una representación a un soporte de dos dimensiones una realidad que tiene tres dimensiones.

Sin embargo, plantea Jaén (1992), si una de las características principales del dibujo es la representación esquemática de la realidad, otra de sus características es obtener dichas representaciones, en la medida que la realidad representada se halla (o hallará) ausente. De esta manera, escribe el autor, el dibujo ofrece “un valor informativo, documental sobre la realidad natural o artificial que nos rodea o sobre el pensamiento y la ideación humana.” (p. 31).

Por otro lado, para Saldarriaga (1996) saber representar implica saber convertir el mundo de las ideas en signos legibles que puedan ser manejados e interpretados a voluntad, conformándose, en consecuencia, en un conocimiento instrumental y creativo del arquitecto. No es un problema técnico, enfatiza el autor, “es un problema intelectual que trasciende los límites de las técnicas y de los medios que sirven para manifestarlo” (p. 79).

A partir de lo planteado por los diferentes autores, la representación se entiende como un proceso de sustitución donde el generador del mensaje busca, deliberadamente, conformar el grado de información que va a emitir. Es así como Acaso (2006) plantea que la representación se puede gestar a partir de diferentes grados de semejanza, donde se puede parecer mucho al objeto que representa, o en cambio, muy poco.

En este sentido, Montes (1992) establece que puede suceder que la finalidad de un dibujo obligue a una determinación más precisa en lo que refiere a las convenciones gráficas utilizadas, buscando, de esta manera, una relación más directa con el objeto dibujado. Eso va a suceder, plantea el autor, a través de un mayor énfasis en los rasgos más relevantes del objeto, persiguiendo una mayor equivalencia de significado. Sin embargo, a través de dichas imágenes no se busca una mimesis de la realidad, sino que se quiere informar y significar ciertos objetos o situaciones con la máxima claridad, lo que implica tener que olvidarse de las apariencias.

De esta manera, y siguiendo el planteo de Etchegaray (2015), se puede considerar que representar un objeto significa mostrar alguna de sus cualidades particulares. De esta manera, Arnheim (2008, citado por Etchegaray, 2015) establece que una representación que omita los detalles innecesarios y tome las características reveladoras, se podrá considerar como una mejor representación. Se busca, continúa el autor, que la reproducción sea una interpretación visual y así poder comunicar los datos pertinentes sin ambigüedad.

Así pues, Sainz (1990) comenta que el dibujo, como representación de la realidad, tiene una capacidad limitada para transmitir alguna de las características del mundo en que se encuentra. De esta manera, ni el más completo conjunto de planos, perspectivas, maquetas, fotografías, etc., podrá ser reemplazo de la experiencia “real y personal de los valores arquitectónicos de un edificio concreto.” (p. 28). Así, para el autor, la “representación

del espacio arquitectónico se ve restringida por las características del medio gráfico donde se desenvuelve” (p. 28).

Continuando con estos planteos, Ruffo & Hirschberg (2011), expresa que la arquitectura está definida por sus procesos de diseño traducidos a formas físicas, pero también se encuentra delimitada por los instrumentos o herramientas con los que se diseña. Para los autores, estos instrumentos se pueden definir como naturales: como la mente, la imaginación, las manos y los sentidos del cuerpo en general; o también como elementos artificiales: como pueden ser la regla, la escuadra o el compás (por nombrar a algunos). Estas herramientas han formado, a lo largo de la historia, un papel de importancia en el proceso de diseño.

Por consiguiente, se puede establecer una vinculación entre el objeto arquitectónico generado y el tipo de dibujo utilizado. En relación con este aspecto, se considera lo escrito por Chiarella (2009), donde establece que el tipo de dibujo evoluciona de acuerdo con los cambios culturales que la sociedad experimenta. De esta forma, la arquitectura, como hecho cultural y global, refleja en todo momento las condiciones y circunstancias bajo las cuales ha sido concebida y construida. Es así como, el dibujo de arquitectura cuyo fin último es la propia arquitectura, está íntimamente vinculado con la civilización a la que pertenece, al igual de lo que sucede con el lenguaje verbal o escrito, “y suele revestirse de significados o mensajes culturales” (Gámiz, 2003, p. 95).

De esta manera, continúa Chiarella (2009), la forma de representar y, por lo tanto, de concebir el objeto arquitectónico, producen importantes modificaciones en la estructura de la creación arquitectónica, y a través de ellas, en sus nuevas concepciones espaciales. Por consiguiente, los sistemas de representación utilizados al servicio de unos fines se encuentran restringidos a las técnicas y recursos conocidos y dominados de esa época.

En la relación instrumental entre la arquitectura y las herramientas empleadas en su concepción, la propia naturaleza de los medios determina, en cierto sentido, el resultado formal de la arquitectura. Así, Corona (1989, p. 53) enfatiza:

“Cada concepción arquitectónica posible, cada arquitectura que se proyecte, estará prisionera del lenguaje de los medios en que la formulemos, esta prisión no es el medio mismo (la arquitectura, el espacio) sino la representación. Cada arquitectura lleva las marcas de los medios por los que ha sido proyectada.”

En consecuencia, se establece que la arquitectura se encuentra delimitada por los instrumentos o herramientas con los que se diseña, y su invención ha sido uno de los recursos más determinantes en la evolución de la arquitectura en el mundo occidental. De esta forma, Chiarella (2009, p. 56) escribe: “aspectos funcionales, tecnológicos, simbólicos y culturales se sostienen desde lógicas geométricas que se irán modificando en

coherencia con cambios y rupturas en nuestras formas de pensar, hacer y proyectar según parámetros culturales y temporales.”

En este sentido, Montes (1992) plantea: “cada época tiene sus sistemas de representación, que dependen de las distintas funciones o fines que se le han asignado a la imagen en determinada época, cultura o lugar” (p.147).

3.5 Los sistemas de representación en la historia reciente

Según se pudo observar hasta ahora, es innegable el vínculo entre el dibujo y la arquitectura. La representación del proyecto mediante el dibujo se conforma como una tradición arraigada en la profesión desde hace muchos siglos, llegando hoy en día como un modo universalmente aceptado de representar la arquitectura.

Sin embargo, el uso del dibujo en la disciplina, tal como lo conocemos hoy, es un acontecimiento reciente, donde sus diferentes evoluciones históricas han ido definiendo el espacio disciplinar, que se ha movido desde la rigurosidad modular del clasicismo y la geometría euclidiana hacia un informalismo contemporáneo potenciado por la incorporación del cálculo matemático digital y una revisión del espacio cartesiano tradicional (Chiarella 2009).

Históricamente, comenta Portela i Valls (2015), el dibujo estaba subordinado a la disciplina de la arquitectura, en la medida que era entendido como una herramienta de proyecto intrínseca y no se consideraba como algo independiente. De esta manera, no se distinguía al dibujo como una entidad propia, sino a través de su vinculación con un proyecto por medio de la representación en planos y perspectivas. Es decir, escribe la autora, el carácter del dibujo era operativo y funcional, “relacionado con la génesis del proyecto arquitectónico o con su comunicación” (p. 6).

Es así como, según comenta Ynzenga (2008), cuando los edificios se construían despacio no eran necesarios (casi) los planos. El trabajo del arquitecto se basaba en la transmisión verbal detallada de los elementos del proyecto a los operarios o artesanos encargados de ejecutar la obra. Por consiguiente, el repertorio de instrucciones se limitaba a la planta, la escala y el tamaño, el resto se encontraba definido por el *modelo*. Este sistema de proyectar, desarrollado principalmente por los griegos, se conformaba a partir de un sistema *modular*. De esta manera, la arquitectura clásica se define a partir de la relación geométrica de sus partes y desde ahí se arriba al todo mediante un sistema modular que es expresado por un trazado geométrico.

Hasta llegada la Revolución Industrial, en el siglo XVIII, el concepto de sistemas de proporciones de la antigüedad se mantuvo vigente como una manera completa de entender y proyectar la disciplina arquitectónica. Sin embargo, a partir del siglo XIX se producen importantes avances en el estudio de los sistemas de representación,

generando, en consecuencia, que el trazado regulador desarrollado hasta este momento sea descartado, conservando únicamente la idea de modularidad como base racional de la forma. Este proceso ocasionó que el dibujo profundice su autonomía para la expresión de la idea arquitectónica, desligándose aún más de los aspectos constructivos y técnicos tradicionales.

Uno de los puntos principales en esta evolución comenzó hacia finales del siglo XVIII, cuando el matemático francés Gaspard Monge estableció las bases de la geometría descriptiva (en el año 1798), codificando científicamente todos los sistemas de representación utilizados por la arquitectura: proyecciones ortogonales, perspectivas y axonometrías. A partir de sus planteos se estableció la conformación de un sistema gráfico que funcionó de apoyo para la creación y representación de obras arquitectónicas, dando como resultado otras maneras de comprender y analizar las formas y el espacio, aspecto que continuó hasta nuestros días.

Una vez adentrados en el siglo XX, el dibujo de arquitectura transforma su rol en relación con el arte en general, dejando de ser el medio de preparación de la obra para constituirse como una entidad autónoma. Las nuevas experiencias tecnológicas, ya asentadas en la cultura y sociedad, fueron fundamentales para el abandono de los tradicionales sistemas de composición formal de la arquitectura, generando que el dibujo arquitectónico encuentre su lugar dentro del esquema estructural de la disciplina.

Si el Renacimiento se asocia con la representación de la perspectiva lineal, el Movimiento Moderno de inicios del siglo XX se asocia con la representación en axonometrías. Sin embargo, tanto la perspectiva como la axonometría existían y fueron utilizadas durante el Renacimiento, la diferencia se encuentra en el alcance que presentó la perspectiva durante ese período, aspecto que permitió identificar dicha arquitectura por medio del sistema de representación más utilizado por sus autores.

El uso de la perspectiva, como también el uso de las plantas, cortes y fachadas, continuó siendo el medio más utilizado para describir la arquitectura, pero la axonometría se convirtió en el medio de análisis y representación más cercano a la noción de espacialidad que se empezaba a desarrollar por parte de los arquitectos de inicios del siglo XX. Las razones se pueden atribuir, expresa Vargas (2018), a que el dibujo de axonometría permite ver de manera simultánea el interior y exterior de un edificio, logrando presentar una visión integral del objeto arquitectónico.

Luego de una primera etapa, vinculada a un racionalismo más clásico de inicios de siglo XX, basado en una sintaxis volumétrica a partir de nuevos principios funcionales y sistemas constructivos, el paso de las décadas da lugar a una exploración espacial, volumétrica y morfológica “con mayor libertad a partir del abandono de las simetrías estructurales y cierto distanciamiento del ángulo recto” (Chiarella, 2009, p. 62). El trabajo con volumetrías más amorfas, escribe el autor, va a producir el paulatino quiebre del

prisma contenedor (característico de inicio del movimiento internacional) y la repetición serial como estructurador del proyecto, a favor de la fluidez y la plástica del espacio.

De esta manera, una serie de sucesos durante la segunda mitad del siglo XX, como fue la crítica al pensamiento cartesiano (con su forma de entender el espacio y la arquitectura), conjuntamente con las nuevas invenciones estructurales y el desarrollo informático, fueron generando la posibilidad de conformar nuevas geometrías a través del distanciamiento de ciertas cualidades geométricas identificadas históricamente con la arquitectura. Según escribe Chiarella (2009, p. 63) esta es: “la estabilidad y rigurosidad modular tridimensional inscrita en el espacio cartesiano de geometrías predominantemente euclidianas.”

3.6 De la simplicidad a la complejidad

A lo largo de la historia, según lo expresa el arquitecto Santiago Miret (2018), se podría hacer una clara diferenciación histórica entre dos diversos modos de entender el mundo, que se han conformado como el centro de las discusiones científicas, filosóficas y artísticas. Estas son la visión *mecanicista* y *holística* del mundo.

Según lo visto hasta este momento, hasta llegar al siglo XX, la influencia mecanicista se ha conformado como la base estructuradora del pensamiento occidental, “colocando a la razón en una posición de máxima autoridad y por medio de la cual es posible alcanzar la verdad última” (Miret, 2018, p. 168).

En el ámbito de la arquitectura, la geometría Cartesiana (producto de la visión mecanicista de Descartes, 1596 – 1642), a la que se le agregan los principios de la geometría Euclidiana clásica (Euclides, 325 - 265 A.C.), es aplicada en prácticamente todas las escuelas de arquitectura del mundo, a excepción de algunos casos específicos, afirma Miret (2018), a los que se denomina “escuelas de vanguardia” (p. 168). Esta manera de ver y entender el mundo, continúa el autor, no solo propone la idea de un mundo mecanicista, sino que plantea una visión reduccionista del mismo, a lo que Edgar Morin define como paradigma de la simplicidad:

"Así es que el paradigma de la simplicidad es un paradigma que pone orden en el universo, y persigue al desorden. El orden se reduce a una ley, a un principio. La simplicidad ve a lo uno y ve a lo múltiple. El principio de simplicidad o bien separa lo que está ligado (disyunción), o bien unifica lo que es diverso (reducción)" (Morin, 1998, p. 55).

Esta forma de pensamiento reduccionista, según lo expresa Morin (1998), pretendía develar la simplicidad aparente escondida detrás de la multiplicidad y desorden de los fenómenos. En este contexto, el evento de arquitectura se concibe y presenta bajo esta

forma de pensamiento, entendiéndolo como un todo integral, absoluto y perfecto. De esta manera, continúa el autor, se operan con márgenes preestablecidos y estructuras previamente conocidas, por lo que se alude a una verdad universal única, perfecta y absoluta.

Es a partir del siglo XIX, debido a los avances de la ciencia, más concretamente el segundo principio de la termodinámica³ (responsable de la introducción de la flecha del tiempo) se inician los primeros pasos que van a poner en crisis el paradigma anterior de la física clásica, formada por la física newtoniana, la física cuántica y la teoría de la relatividad. Pero no es hasta la segunda mitad siglo XX cuando el paradigma de la complejidad comienza a avanzar en forma lineal y constante, moviéndose hacia una visión holística del mundo (Pérez, 2013).

Para el filósofo y sociólogo Edgar Morin, uno de los fundadores del pensamiento complejo, "se trata de ejercitarse en un pensamiento capaz de tratar, de dialogar, de negociar, con lo real" (Morin, 2001, p. 22). Mientras la ciencia, continúa el autor, tal como se había entendido hasta ese momento, privilegiaba la búsqueda del orden, del determinismo, la regularidad, la estabilidad y previsibilidad de la naturaleza (es decir, un cierto comportamiento sólido del cuerpo de conocimiento), las ciencias de la complejidad tienen un comportamiento más bien líquido: buscan la no-linealidad, la indeterminación, el desorden y la irreversibilidad.

Todo este modelo de pensamiento clásico, de descubrir lo inmutable, lo permanente, aquello que trasciende a lo aparentemente cambiante, es donde se gesta el estado de crisis. Toda la idealización del mundo que enmarca el conocimiento científico empieza un proceso de desamortización. Se pone en cuestión y se estructura un estado de opinión cada vez más reacio a esa visión a medida que surgen los avances que apuntan a la dirección contraria.

Esta nueva ciencia de la complejidad busca en los procesos irreversibles una clave distinta para comprender la naturaleza, donde se entiende al mundo como un ente poblado de vida capaz de evolucionar e innovar, donde su comportamiento no puede considerarse previsible, no controlable. Para Prigogine (1996), las leyes de la naturaleza no están todas dadas desde el principio, sino que evolucionan al igual que lo hace la vida sobre la tierra. A medida que el comportamiento de la naturaleza se hace más

³ El segundo principio de la Termodinámica, formulado por Carnot y Clausius, es, primeramente, un principio de degradación de energía (Morin, 2008). De acuerdo a la segunda ley de la termodinámica en todo sistema cerrado la entropía aumenta. Los organismos y máquinas cibernéticas, en tanto que sistemas que intercambian mensajes con su medio ambiente, no se consideran sistemas cerrados: estos toman energía del exterior y actúan de acuerdo a la información que reciben a través de sus sentidos (Wiener, 1962, p. 28).

complejo, aparecen bifurcaciones, amplificaciones, fluctuaciones y emergen nuevas leyes. De esta manera, el autor escribe: “las raíces de lo biológico se hunden en la materia mucho antes de lo que hubiera podido imaginarse” (p.174).

Este nuevo cuerpo de teorías, investigaciones y procesos de representación de la realidad, surgido durante la década del sesenta, demuestran cómo las ideas alrededor de un modelo de complejidad inciden directamente sobre diferentes disciplinas, que van desde la física, la sociología, las matemáticas, las tecnologías de la computación, la química, la biología y otras tantas ramas emergentes de estos troncos de conocimiento. Todas las investigaciones surgidas de estas disciplinas apuntan en una misma dirección coincidente, que es la no linealidad de los comportamientos de la naturaleza, del ser humano y de todos los subproductos derivados de la actividad humana.

Es así como, frente a este planteo, Fernández (2015) se pregunta: ¿cómo podemos pensar que la arquitectura no iba también a estar envuelta en esa dinámica de la complejidad? El autor posiciona a la década del sesenta como el germen de todo este proceso y determina como cambios sociales y culturales dieron el puntapié para que el desarrollo se desencadenara.

Las consecuencias de lo complejo aplicada a la arquitectura son muy diversas y en palabras de Lacasta (2010), seguramente todavía no las podemos, incluso hoy, ver en todo su alcance. Algunos arquitectos adoptan sus conceptos clave tanto en la producción y el diseño de edificios, como en sus escritos y conferencias; mientras que otros los usan sin siquiera darse cuenta o saber de su existencia. En cualquier caso, continúa el autor, estas teorías manejan unos términos para describir y explicar la realidad que se mueven en unas coordenadas muy distintas a las tradicionales y que, como mínimo, han enriquecido una parte del discurso arquitectónico para crítica de los pensadores más tradicionales.

Más allá de lo científico, continúa Lacasta (2010), la adopción por parte de la arquitectura de ideas y conceptos provenientes de estas ciencias naturales es una operación que desvela una relación fundamental con la naturaleza y así ha sido a lo largo de la historia de la arquitectura. Esta operación de mimesis con la naturaleza puede entenderse como la voluntad mimética de la arquitectura de reproducir una visión científica de lo natural marcada por la idea de complejidad.

3.7 Nuevo paradigma en arquitectura

A partir de estos planteos, se observa como las potencialidades de las nuevas herramientas de representación, tanto para la ideación como para la construcción de formas complejas, motivada por la introducción de los medios digitales, tiene como una de sus principales consecuencias el movimiento de un modelo de paradigma mecánico

(arquitectura de la máquina), a la visión de la tecnología como algo más que una simple herramienta de representación (Massad y Guerrero, 2003).

A pesar de no existir un consenso entre los principales intelectuales sobre la existencia de un nuevo paradigma en la arquitectura y sobre su comienzo histórico, todos han coincidido en la idea de un cambio. En consecuencia, se podría plantear si como resultado de esta denominada revolución, surgió, está surgiendo o ha surgido una nueva arquitectura marcada por la ciencia de los fenómenos no lineales e irreversibles, basada en una visión holística del mundo.

Antes de comenzar a hablar sobre estas problemáticas, es importante establecer algunas definiciones. El modelo de cambio de paradigma establecido por Thomas Kuhn, según escribe el arquitecto Luis Ortega (2009), identifica una revolución científica con aquellos episodios de desarrollo no acumulativo en los que se reemplaza, completa o parcialmente, un antiguo paradigma por otro nuevo e incompatible con el anterior. Este modelo de Kuhn, de principios de los setenta, pone en crisis el modelo de progreso lineal de la ciencia. La acumulación de anomalías y de propuestas no satisfechas según el modelo imperante de la denominada *Ciencia Normal* (que Kuhn identifica con la investigación basada en uno o más logros científicos que una comunidad científica reconoce durante un tiempo como el fundamento de su práctica) se resuelve satisfactoriamente por medio del nuevo modelo.

Así pues, Ortega (2009), a partir de estos planteos de Kuhn, se cuestiona si puede detectarse algo similar en los cambios que el fenómeno digital ha introducido en la arquitectura. El autor opina afirmativamente, a pesar de que los temas considerados hoy en día como característicos de la arquitectura digital, como las relaciones dinámicas, los flujos, las geometrías euclidianas, las integraciones de modelos naturales y biológicos, etc., ya habían sido abordados por arquitectos que se podrían catalogar como predigitales, aunque de una forma más metafórica que instrumental.

Esta posibilidad de aplicar el modelo de cambio de paradigma de Kuhn a la arquitectura es cuestionable al no ser posible una extrapolación literal de la estructura basada en paradigmas debido a la imposibilidad de definir una arquitectura normal en los mismos términos en los que Kuhn acotó el concepto de ciencia normal. Sin embargo, continúa Ortega (2009), salvado este escollo epistemológico por medio de una interpretación metafórica y no analítica, el concepto de cambio de paradigma en la arquitectura sirve para reflejar la realidad evidente de que las TIC han posibilitado un cambio de jerarquía en las prioridades de los arquitectos y una reconceptualización del marco de la discusión disciplinar. Esta interpretación, concluye el autor, no menoscaba la importancia del cambio, sino por el contrario, lo plantea en sus justos términos.

Además, enfatiza Pérez (2013), el nuevo paradigma que sustituye a las ciencias clásicas presenta un problema de sincronización con el cambio de paradigma de la arquitectura.

Estos avances científicos preceden a la nueva arquitectura, contaminándola de manera indirecta, lenta pero progresivamente. Es así, continúa el autor, que existe un paralelismo histórico, pero no simultáneo, entre el surgimiento del nuevo paradigma científico de la complejidad y la crisis de los modelos conservadores del movimiento moderno.

En este sentido, Pérez (2013, p. 55), establece:

“Mientras el inicio de la crisis Newtoniana se podría fechar con la descripción probabilística de la entropía por parte de Ludwig Boltzmann en 1877; la nueva visión del tiempo en la arquitectura comienza con la crisis del movimiento moderno y las primeras propuestas del Team X en 1955. Sin embargo, no es hasta la quinta edición del *Espacio, Tiempo y Arquitectura* en 1967, cuando se inicia este nuevo paradigma arquitectónico.”

Según continúa el autor, el establecimiento de un nuevo paradigma implica un período de crisis y una revolución científica con el objetivo de aceptar el paradigma emergente. De esta manera, los paradigmas implican una visión histórica en referencia a la sociedad donde se desenvuelven. En relación con este tema, Díaz (2010) comenta que las teorías científicas no triunfan por su alto nivel de verdad o por ser mejores, sino porque tienen más fuerzas.

Así pues, Pérez (2013) observa una cierta correspondencia entre la situación de crisis planteada, la de los años cincuenta, y los primeros ejemplos de arquitectura que incorporan la idea de tiempo como un proceso de creación. Esta nueva arquitectura, continúa el autor, denominada en sus inicios *abierta*, supone un nuevo paradigma dentro de la historia de la arquitectura. Además, luego de haber pasado más de setenta años desde sus inicios, se puede observar una evolución dentro del mismo.

Otro de los intelectuales en referencia a este tema, que durante la década del noventa se consolidó como una de las voces más influyentes, es el arquitecto y paisajista Charles Jencks. Mediante la publicación *The New Paradigm in Architecture: The Language of Postmodernism* (2002), el autor anuncia el surgir de un nuevo paradigma en arquitectura, originado fundamentalmente por la socialización del ordenador personal como herramienta proyectual en la arquitectura y por la reconceptualización de la naturaleza a partir de las ciencias de la complejidad.

Sin embargo, varios autores, como también intelectuales y críticos, entre los que se encuentra el matemático Nikos A. Salíngaros (2000) y el arquitecto Miquel Lacasta Codorniu (2010), plantean una dura crítica al modelo de cambio de paradigma planteado por Jencks.

Según Jencks (2002), la actividad proyectual, principalmente la arquitectura, apoyada por los pensamientos de filósofos franceses, como Derrida y Deleuze, es a partir de la década del ochenta del siglo XX cuando comienzan a generar vinculaciones teóricas y proyectuales con los conceptos provenientes de la ciencia de la complejidad. Estos nuevos procesos han generado obras mediáticas y singulares sustentadas en las capacidades espaciales y formales que aportan las nuevas tecnologías.

Sin embargo, la visión de Jencks ha quedado centrada y limitada a una superficial interpretación semiótica. Según el profesor de matemáticas Mikos Salingeros (2000), parece haber una confusión básica en el discurso arquitectónico contemporáneo entre procesos y apariencias finales, donde los edificios deconstructivistas no se adaptan a las necesidades humanas y solo son regidos por inquietudes únicamente formales. Jencks y los arquitectos deconstructivistas, por otro lado, ven sólo el resultado final de esos procesos e imponen esas imágenes a los edificios.

Por el contrario, lo que Salingeros (2000) considera como verdaderamente un nuevo paradigma es la arquitectura realizada a partir de las teorías de Christopher Alexander, arquitecto y científico de la época de los setenta y ochenta, reconocido por sus publicaciones: *Un Lenguaje de Patrones* y *The Timeless Way of Building*. Según expresa Salingeros (2000), Alexander logra aproximarse a una definición de arquitectura humana a través del uso de patrones de acontecimientos o patrones vivos (como el mismo autor lo nombraba). El lenguaje de patrones fue presentado por primera vez en 1977 y consiste en que cada ciudad y todo edificio están formados por ciertas entidades llamadas patrones, que surgen de ciertos procesos combinatorios.

Sin embargo, independiente de las contradicciones y desencuentros entre las posturas planteadas por los diferentes autores, en relación con el surgimiento del nuevo paradigma en arquitectura, a partir de la década del noventa se genera un quiebre, donde corrientes experimentales se dedicaron a la exploración de nuevos caminos de producción a través de la revisión de los tradicionales sistemas de representación. De esta manera, se gestaron nuevas formas arquitectónicas mediante la exploración de otros caminos posibles por fuera de las representaciones formales heredadas de los primeros referentes en los inicios de la década digital.

Actualmente estamos sumergidos en una nueva racionalidad, diferente a la anterior, que tuvo un comienzo marcado por la ciencia de los fenómenos no lineales e irreversibles y ha ido generando e incentivando el desarrollo de un lenguaje propio, capaz de representar de una forma más eficiente ciertos procesos o sistemas arquitectónicos.

3.8 El siglo XXI y lo digital

Los últimos años han sido testigos de cambios radicales en diferentes esferas de la contemporaneidad, que van desde los ámbitos científicos y políticos hasta los

económicos. La crisis del paradigma industrial, en un tiempo postindustrial, plantea Naselli (2001, citado por De Monte, 2016) se conforma en una revolución *cibercultural, digital o informacional*. Según lo define el autor, “una nueva cultura superpuesta a la anterior se encuentra en desarrollo. Proceso que conduce a unir una nueva cadena de significados en una construcción coherente de fragmentos con una nueva cultura de espacio-tiempo-información, la de un mundo de innovación radical” (p.12).

En este contexto, la incorporación de las tecnologías de información y comunicación en los diferentes estratos de la cotidianidad ha producido profundas transformaciones en nuestra existencia. La manera de informarnos, de consumir y de vincularnos se ha visto mediatizada por los entornos virtuales, donde paulatinamente ha ido sustituyendo a los entornos físicos, produciendo la gestación de nuevas formas culturales y la continua redefinición de las ya existentes. Este proceso de transición ha facilitado el acceso a más y nuevas maneras de recibir y manipular información, aspecto que ha influido profundamente en la conformación, desarrollo y evolución de diversas disciplinas profesionales.

En la arquitectura, los nuevos paradigmas culturales han provocado importantes modificaciones en la manera que se tiene de entender, concebir y representar la disciplina. Es así como el arquitecto Kolarevic (2003, p. 03) expresa: “Las tecnologías digitales están cambiando las prácticas arquitectónicas de una manera que pocos eran capaces de anticipar hasta hace muy pocos años”.

En este sentido, Sainz & Valderrama (1992) concluyen que no se puede descartar la posibilidad de que las tecnologías informáticas ejerzan una influencia contundente y permanente sobre los usos, las formas y las técnicas de la arquitectura. Este proceso puede compararse, según palabras de Fernández (2015), al impacto producido por el descubrimiento de la perspectiva como sistema de proyección y representación en el renacimiento; la revolución industrial en el siglo XIX o los avances tecnológicos y científicos a principios del siglo XX.

A este respecto, Bernabéu (2007) establece que si analizamos la evolución de la producción arquitectónica en cada periodo histórico (con relación a su representación, avances tecnológicos y medios constructivos), la gran revolución a nivel formal de los edificios de las últimas décadas se debe a nuevos métodos de cálculo y representación gráfica, así como a la generalización de las computadoras personales para el desarrollo de los proyectos arquitectónicos.

Por otro lado, Bermúdez (1998) enfatiza que el tipo de medios y técnica de representación a ser utilizado tiene un efecto directo y duradero en el pensamiento y hacer arquitectónicos, ya que los arquitectos dependen de las representaciones para diseñar, comunicar y criticar las arquitecturas, dejando éstas de ser solo herramientas de trabajo y constituyéndose en el mismo universo de discurso donde la producción

arquitectónica se despliega. En consecuencia, plantea el autor, los cambios dramáticos traídos aparejados por los medios digitales hacen inevitable un grado comparable de cambio en la práctica y pensamiento arquitectónico.

Esta serie de cambios no se han limitado a ser un simple relevo de las herramientas tradicionales de gestación y representación, sino que ha generado lo que muchos autores llaman, según se observó en capítulos anteriores, una *revolución digital*. En la actualidad, el uso del término revolución, asociado con el adjetivo añadido de digital, se ha convertido en un lugar común para expresar el cambio de paradigma que ha supuesto la introducción de las computadoras, fundamentalmente en los ámbitos de la representación y visualización, la gestión de la información y las posibilidades de virtualización (Fernández, 2015).

Según se planteó anteriormente, Ortega (2013) establece que las afirmaciones en clave científica que definen el impacto digital como una revolución o cambio de paradigma se deben de comprender como metáforas, no de forma analítica. Esto sucede por la razón de que la arquitectura no es una actividad científica y por lo tanto la estructura establecida en base a paradigmas no es extrapolable en forma lineal. De esta manera muchos autores se refieren a que las tecnologías de información y comunicación establecieron un cambio de jerarquías, un *giro* en las propiedades de los arquitectos.

Este giro digital, sustentado en la introducción de los sistemas computarizados en la arquitectura y la construcción, caracterizado por la no linealidad, lo dinámico e imprevisibles, ha propiciado modificaciones en las concepciones espaciales de la arquitectura. El transcurso de este proceso ha dado como resultado un paulatino alejamiento de los esquemas de diseño y producción tradicionales, enmarcados en la estabilidad y rigurosidad modular del espacio cartesiano y geometrías euclidianas, permitiendo la aparición de nuevas búsquedas formales y transformando, en consecuencia, las bases de lo que se ha entendido como arquitectura desde hace cinco siglos (Fernández, 2013).

Sin embargo, al estudiar la vinculación entre la arquitectura contemporánea con lo digital, puede admitirse, según expresa Bruscato (2006), que el término arquitectura digital es algo impreciso. Según la autora, el uso de la expresión *arquitectura generada mediante medios digitales* sea más apropiado, pero el uso de *arquitectura digital* ha funcionado para hablar de las arquitecturas donde no solo intervienen medios digitales (hoy en día, la mayoría de la arquitectura), sino “aquellas arquitecturas que en su uso de lo digital se quieren presentar como concepción avanzada del pensamiento y la práctica arquitectónicas”. En estos casos concretos, continúa la autora, “lo digital adquiere una intervención activa y deviene eje y fundamento esencial.” (p. 25).

De esta manera, concluye Bruscato (2006), el concepto de arquitectura digital no tiene un único significado, en la medida que puede ser utilizado para aludir a proyectos de

experimentación arquitectónica que viven únicamente en el ciberespacio, como también a proyectos construidos que han surgido mediante procesos de diseño desarrollados exclusivamente mediante herramientas digitales.

Por otro lado, Yu Tung Liu, arquitecto y profesor en la *National Chiao-Tung University de Taiwan* define la *arquitectura digital* como:

“cualquier arquitectura que utiliza estratégicamente cualquier medio digital informático en el proceso de su diseño arquitectónico: desde el concepto de diseño; a través del diseño inicial, el desarrollo del diseño, el diseño de detalle y la planificación de la construcción. Siempre que los medios digitales informáticos se utilicen en cualquiera (o idealmente en todas) de estas etapas, para crear resultados importantes en la función, la forma, la masa, el espacio o la teoría de la arquitectura de la arquitectura, dicha arquitectura generalmente podría definirse como Arquitectura Digital”.

3.9 Análogo-Digital

Como ha sucedido en diversos momentos históricos, tanto en el ámbito de la arquitectura como en diversas disciplinas, la imaginación ha ido por delante de los avances técnicos y constructivos. Antes de la aparición de las computadoras, diversos temas que hoy relacionamos con la arquitectura digital, como las relaciones dinámicas, los flujos, las geometrías fractal, etc., ya había sido abordada por los arquitectos predigitales. Sin embargo, comenta Ortega (2009), su aproximación se había desarrollado de manera más teórica que práctica⁴.

La existencia de precedentes analógicos sobre las que se sustentan las experimentaciones arquitectónicas, escribe Emmer & Guerrero (2002), data desde principios del siglo XX, donde las exploraciones en geometría y diferentes campos de las ciencias naturales, así como en el arte, dieron como resultado la visualización de objetos formales complejos, anticipados en varias décadas a los que hoy se experimentan con técnicas digitales.

Estos primeros antecedentes, establece Bruscato (2006), pueden rastrearse en los planteamientos filosóficos de Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) y sus investigaciones sobre el cálculo infinitesimal formulados en el siglo XVII. Sin embargo, no es hasta la década del sesenta cuando la investigación de lo digital toma cuerpo como para erigirse en alternativa científica viable, donde se producen una serie de acontecimientos que asentaron las bases para el futuro desarrollo de propuestas formales que antes resultaban irresolubles en la práctica. Entre la serie de

⁴ Por ejemplo: Diagramas de movimiento de Luis Khan, proyectos informes de Friedrich Kiesel o los trabajos indexicos de Charles and Ray Eames. Luis Ortega (La digitalización toma el mando, 2005).

acontecimientos más destacados, establece Rey Rey (2013), se encuentran en la invención de las curvas de Bézier en el año 1962, precedente de las NURBS⁵, el método de los elementos finitos (1956) y su posterior popularización mediante programas informáticos asistidos por computadora CAD (por sus siglas en inglés: Computer-Aided Design).

En retrospectiva, plantea Carpo (2013), la corriente de diseño digital se conforma como una continuación del deconstructivismo⁶, pero desarrollado con medios digitales a partir de la influencia de la teoría del pliegue de Gilles Deleuze. En este sentido, el autor escribe: “muchos de los arquitectos estrella de hoy llegaron a los pliegues continuos del diseño digital después de entrenar en las fracturas angulares del deconstructivismo” (p. 03).

Así pues, establece Fernández (2015), la influencia de la teoría de Deleuze aporta al diseño digital “una inyección de pensamiento inequívocamente posmoderno” (p. 325). En este sentido, Carpo (2013) plantea que el giro digital en arquitectura es visto como una reivindicación tardía de algunos de los principios de la arquitectura postmoderna⁷. Dicho movimiento, contrario a la estandarización modernista, había defendido la variación, la diferenciación y la posibilidad de elección y, una generación después, las tecnologías digitales ponían en manos de los diseñadores los medios técnicos adecuados para ese fin, cerrando lo que Carpo (2013) denominó una bucle técnico-cultural. En consecuencia, se puede considerar, continúa Fernández (2014), que la teoría del diseño digital nace emparentada, por un lado, por el deconstructivismo, y por otro, el postmodernismo.

En cambio, existen autores que sitúan el origen de la arquitectura digital en el Barroco. Este período histórico se caracterizó por buscar una ruptura con el espacio clásico y la conformación de formas orgánicas. De esta manera, plantea Bruscato (2006), se puede entender a este momento histórico como el origen de las exploraciones arquitectónicas que hoy se materializan mediante el diseño digital. Así, Rafael Moneo (citado por Kolarevic, 2003, p. 5) escribe: “geometrías olvidadas que no han llegado hasta nosotros a causa de las dificultades para representarlas”.

⁵ B-splines racionales no uniformes: NURBS (acrónimo inglés de non-uniform rational B-spline) es un modelo matemático utilizado en la computación gráfica para generar y representar curvas y superficies.

⁶ Movimiento de arquitectura nacido en la década de 1980. Se caracteriza por la fragmentación, el proceso de diseño no lineal, el interés por la manipulación de las ideas de la superficie de las estructuras y, en apariencia, de la geometría no euclidiana (por ejemplo, formas no rectilíneas) que se emplean para distorsionar y dislocar algunos de los principios elementales de la arquitectura, como la estructura y la envolvente del edificio.

⁷ El Postmodernismo en arquitectura es una tendencia que comienza a partir de los años 1970, como respuesta a las contradicciones de la arquitectura moderna, y en especial los postulados del Estilo Internacional.

Otros ejemplos de obras precursoras de las formas arquitectónicas generadas mediante herramientas digitales se pueden rastrear, según escribe Bruscato (2006, p. 23) en el “Art Nouveau; la obra de Gaudí; el Expresionismo arquitectónico de los años veinte; La Einsternturm de Mendelshon; la Capilla Ronchamp de Le Corbusier; la Terminal TWA de Eero Saarinen y un largo etcétera”.

De esta manera, Dollens (2002) establece que los antecedentes de la arquitectura digital ponen de manifiesto que las herramientas digitales permiten el desarrollo de ideas que, en muchos casos, son analógicas. Además, dichos precedentes, en palabras de Bruscato (2006, p. 24) “anticipan exploraciones digitales, que suponen la aplicación adaptada en el ámbito de la arquitectura de conocimientos y modos de representación y visualización procedentes del ámbito matemático, científico y artístico.”

A partir de lo planteado, se observa cómo han existido, principalmente a lo largo del siglo XX, exploraciones arquitectónicas que se identifican con las espacialidades de la digitalidad. Sin embargo, plantea Chiarella (2009), dichas experiencias se pueden considerar aisladas en el contexto general de la producción arquitectónica de su momento. Es a partir de la década digital de los noventa, influidos por la expansión y potencialidad de la tecnología informática, una serie de jóvenes arquitectos, denominados *Blobmeister*⁸, comenzaron a experimentar con procedimientos, técnicas y conceptos que se apartaban de lo hecho hasta el momento. Es a partir de aquí que se comenzó a modificar la esencia de lo que se conoce como arquitectura (Fernández, 2015).

Con sus propios intereses teóricos y desde diferentes actitudes, plantea Bruscato (2006), Marcos Novak, Bernard Tschumi y Neil Spiller pueden ser considerados como los pioneros en el reconocimiento y formulación del potencial de las tecnologías digitales como herramienta de ideación y diseño. Para la autora, ellos son quienes han alentado e inspirado toda una serie de conceptos arquitectónicos en una fecha tan temprana como el inicio de los noventa.

Frente al surgimiento de una nueva corriente experimental de arquitectos que tomaron a lo digital como bandera, se suma en el año 1997 la inauguración del *Museo Guggenheim en Bilbao* del arquitecto Frank Gehry. Este nuevo edificio representó, según la visión de teóricos e investigadores, la evidencia de que la historia de la arquitectura entraba en una nueva etapa.

⁸ El término tiene su origen en el acrónimo BLOB (Binary Large Object) y fue utilizado por el crítico Charles Jencks en un artículo de febrero de 2003 en la revista *Architectural Review* identificando el uso de este tipo de formas como un nuevo paradigma.

En este sentido, según palabras de Massad y Guerrero (2003), con la materialización de este edificio, Frank Gehry “se convertía en el primer arquitecto que, mediante la utilización de tecnología digital, había hecho posible la construcción de un edificio formalmente complejo cuya erección, en caso de haber carecido de la tecnología adecuada, habría sido difícilísima o directamente imposible.” (citado por Bruscato, 2006, p. 34).

En consecuencia, enfatiza Bruscato (2006), la coincidencia de las dos realidades aquí planteadas, como es la construcción de un edificio mediante procedimientos innovadores en la década del 90’ y el surgimiento de una nueva actitud arquitectónica promulgada por teóricos y arquitectos de vanguardia, permitió abrir nuevas dimensiones y posibilidades para la arquitectura, expandiendo el repertorio formal que se venía produciendo en la disciplina durante las últimas décadas.

3.10 Un nuevo *giro* digital

A pesar de las experimentaciones pioneras llevadas a cabo por un grupo de arquitectos de vanguardia (a los que podemos agregar muchos otros como: Hani Rashid, Jesse Reiser, Stan Allen, etc.), a mediados de la década digital de los noventa los sistemas informáticos eran escasos en los diferentes estudios y escuelas de arquitectura. Mediante ellos, escribe Fernández (2015), se realizaban tareas rutinarias de procesamiento de textos y tareas administrativas como la gestión de la contabilidad o elaboración de presupuestos. El diseño se realizaba principalmente con medios manuales en todas las etapas del proceso, desde los bocetos iniciales hasta la presentación final.

Vera Molnar, (citada por Xavier Berenguer, 1997) distinguía a finales de los años noventa tres fases en la evolución de la computadora como medio de creación: una primera en la que se revela sus posibilidades en el medio artístico; una segunda en la que la computadora rompe las formas tradicionales y abre nuevas formas de hacer; y un tercero en la que la computadora se revela como impulsora de la mente para trabajar con formas radicalmente nuevas. Según esta cronología propuesta por Molnar, actualmente nos hallaríamos entre el segundo y tercer estadio de este proceso.

Ya transcurrida la etapa inicial de la década digital de los noventa, en el transcurso de los últimos años se ha producido una expansión en el uso del equipamiento electrónico y las aplicaciones de software, por lo que las computadoras, escáneres 3d, impresoras y dispositivos de trazados (plotters), dispositivos de corte, etc., se conforman como elementos comunes en los estudios y escuelas de arquitectura. Por otro lado, aplicaciones de diseño como: AutoCAD, Rhino, Maya, 3dMax, Revit, ArchiCAD, etc., se han convertido en las herramientas estándar para el desarrollo de la arquitectura. De esta manera, llevar a cabo la actividad arquitectónica sin estar mediada por estas tecnologías digitales no sería posible en la contemporaneidad.

A inicios del nuevo siglo, plantea Carpo (2013), una serie de acontecimientos como fueron el estallido de la burbuja de las *punto-com*, junto con los atentados del 11 de septiembre del 2001, supuso el fin del período de optimismo tecnológico propio de la arquitectura digital de los años noventa. Sin embargo, los fundamentos teóricos que conformaron a esa arquitectura ya estaban definidos y la evolución constante de las tecnologías no ha modificado en gran medida ese marco general.

De esta manera, plantea Fernández (2015), en una primera etapa, tras la introducción de la tecnología digital, se tomaron posturas muy radicales sobre el campo de la investigación académica, resultado de la confianza sobre el papel de la tecnología frente a los fenómenos de los excesos de la arquitectura postmoderna (carga iconográfica, histórica y semántica). Otra reacción, continúa el autor, fue la indiferencia ante los nuevos instrumentos, que eran entendidos como una “prótesis tecnológica inevitable y con una aplicación de carácter meramente utilitaria y funcional.” (p. 50).

Así pues, desde el punto de vista de la crítica, establece Fernández (2015), autores como Greg Lynn, William Mitchell, Peter Eisenman o Frank Gehry tomaron las posturas de lo digital de forma entusiasta, mientras que otros teóricos como Kenneth Frampton o Juhani Pallasmaa presentaban una visión más crítica y cautelosa sobre las potencialidades de lo digital en la arquitectura.

Habiendo pasado los años noventa y las primeras décadas del nuevo siglo, ya sumergidos en la contemporaneidad, con la imparable expansión de las tecnologías digitales ha surgido lo que Fernández (2015) llama: “la tercera vía”. Esta nueva forma de entendimiento sobre lo digital ha superado las visiones de entusiasmo o preocupación sobre la implementación de las tecnologías sobre la arquitectura y se conforma por un grupo de arquitectos que han nacido ya dentro de la digitalidad. Los nativos o inmigrantes digitales, en palabras de Prensky (2001), ya no entran en discusión sobre la idoneidad de las herramientas informáticas, “sino que simple y llanamente, operan en él con una actitud inclusiva y no dialéctica, aunque con intereses diversos, plurales y múltiples” (Ortega, 2009).

Indudablemente, la incorporación de la tecnología digital a la arquitectura está alterando las formas arquitectónicas tradicionales y plantea nuevas posibilidades de conceptualizar y diseñar que derivan en la construcción. Sin embargo, a pesar del importante papel que juega y ha jugado la tecnología digital en el desarrollo de la arquitectura contemporánea, no se debe caer en el determinismo tecnológico simplificador, pues la tecnología históricamente en muy raras ocasiones es la única explicación.

3.11 Determinismo tecnológico

Sin negar la importante influencia en el modelo proyectual de la arquitectura contemporánea de las ciencias de la complejidad, cabe preguntarse si el surgir de un nuevo paradigma se debe exclusivamente a la tecnificación de la herramienta proyectual, o tiene detrás unas razones más estructurales.

Frente a estas interrogantes, Lacasta (2010, p. 7) plantea:

“si la sociedad emplea tanto esfuerzo en desarrollar una herramienta tan potente como el ordenador, ¿no será por una necesidad previa? Si existe esa necesidad ¿no será porque ya existe una conciencia de cambio instalada en la misma? Es decir, el ordenador personal ¿no será más un producto de ese nuevo paradigma que no un origen del mismo?”

Estos aspectos han sido abordados por varios teóricos (Picon, Kolarevic, Oxman, Hight, Kwinter) que han indagado cómo la evolución de este campo ha venido de la mano con la construcción de los problemas de la arquitectura en referencia a diversos modelos de pensamiento influyentes en la cultura contemporánea (Cifuentes, 2014).

En esta línea, Picon (2010) ha señalado que la tecnología es difícilmente la única explicación de los cambios propios de las prácticas de la arquitectura digital, especialmente cuando en la producción de la arquitectura tanto depende de factores sociales, culturales y económicos.

Otro de los referentes en la incorporación de lo digital en arquitectura, Branko Kolarevic, plantea que el diseño *computacional*, más que un fenómeno determinado por aspectos técnicos, es una manifestación cultural que incluye, entre otras cosas, aspectos tecnológicos, estéticos e ideológicos (Kolarevic, 2003).

Los análisis deterministas son prácticas comunes en el estudio de la tecnología en la arquitectura. Este tipo de posturas, plantea Moe & Smith (2012), ha conducido a visiones de la tecnología en la profesión como un sujeto autónomo y tecnocrático. En este mismo sentido, Cifuentes (2014) establece que la búsqueda de nuevos imaginarios formales ha sido un aspecto central de muchas producciones digitales de la arquitectura. Es importante comprender cómo estas exploraciones se han articulado con reflexiones que se han nutrido de diversas referencias a conceptos elaborados en diferentes campos del conocimiento.

En consecuencia, reducir el problema de la integración de la arquitectura y la computación únicamente a la cuestión de las técnicas utilizadas sería negar el impacto

de la cultura informática⁹ en las elaboraciones de la profesión (Cifuentes, 2014). De esta forma, para conocer el impacto de la cultura informática en la arquitectura es fundamental conocer no solamente las herramientas tecnológicas, sino entender de forma general las implicaciones de sus usos.

3.12 Dibujo y medio digital

Como se comentó en capítulos anteriores, durante varios siglos existió una relación entre la arquitectura y la idea de estabilidad y rigurosidad modular basada en los trazados reguladores fruto del espacio cartesiano de geometrías preeminentemente euclidianas. Sin embargo, a pesar de la utilidad que han presentado estos sistemas tradicionales, plantea Jaén (1992), es necesario tener presente las limitaciones que estos medios han determinado para la representación gráfica de ciertas arquitecturas o ideas arquitectónicas.

En referencia a esta idea, Ramírez (1990, citado por Jaén, 1992) establece que el sistema diédrico, a pesar de que haya permitido el desarrollo de una diversidad de lenguajes arquitectónicos, también podría haber impedido el nacimiento de formas arquitectónicas poco vinculadas a las proyecciones ortogonales. En esta misma línea, el arquitecto Fernández Alba (1990, citado por Jaén, 1992), plantea que los sistemas tradicionales basados en la geometría descriptiva y racionalidad cartesiana se conforman como medios de aproximación proyectual. De esta manera, continúa el autor, se hace necesario el lenguaje de un tipo de geometría más general, que pueda integrar, además de los usos y funciones de un determinado programa, “las relaciones de posición que los objetos tienen en el ámbito de lo que denominamos espacialidad arquitectónica” (p.63).

Por otro lado, en el artículo *Cómo acotar un croissant* de la revista *El Croquis* del año 1991, Enric Miralles plantea, de una manera irónica, los límites que presenta el sistema cartesiano tradicional para la representación de formas complejas. La arquitectura de Miralles, desde sus inicios en la década del ochenta, se caracterizó por ser de formas complejas, de *formas-informes*. Una arquitectura que no puede ser entendida, dibujada ni construida a partir de los parámetros geométricos tradicionales, en consecuencia, una arquitectura de geometrías no euclidianas. De esta manera, el arquitecto, en la búsqueda de un método de dibujo que permitiera, no solo generar las formas complejas sino también transmitirles para su construcción, ideó junto a Eva Prats un sencillo ejercicio para acotar una forma informe tomando como ejemplo un croissant (media luna).

⁹ Por “cultura informática” Breton se refiere al conjunto de ideas, valores, desarrollos técnicos, conocimientos, etcétera, sobre los cuales se definen las formas de pensar el mundo en la era de la información.

En las últimas décadas han surgido propuestas arquitectónicas que escapan de los cánones impuesto por los medios tradicionales, donde la representación mediante el sistema diédrico no es útil para el arquitecto, quien debe recurrir a otros medios y técnicas de estudio, expresión y representación para así llevar sus ideas a la realidad. En consecuencia, este proceso ha generado un alejamiento de los esquemas de diseño y producción tradicionales, dando como resultado profundas transformaciones en las tradicionales concepciones espaciales de la arquitectura.

Ya en la década del setenta, plantea Sanders (1996, citado por Etchegaray, 2015), los teóricos del medio digital creían que el modelo de tres dimensiones se conformaba como un medio de diseño más adecuado que los dibujos de dos dimensiones basados en la geometría tradicional. Se pensaba, añade el autor, que en un futuro el modelo tridimensional acabaría convirtiéndose en el propio proyecto de ejecución.

Sin embargo, a pesar del cambio en la manera de vincularnos con la arquitectura que supone lo digital en la contemporaneidad, Chiarella (2009) enfatiza:

“la validez instrumental de la geometría como principal apoyo en el proceso de proyectación arquitectónica, no ha sido refutada desde la formulación de los Elementos de Euclides (300 A.C) y se sostiene en la sociedad occidental como una forma legítima de comprender, dimensionar y prefigurar el espacio arquitectónico.” (p.79).

En este sentido, expresa Vargas (2018), hoy en día se puede encontrar el mismo repertorio de sistemas de representación que se han utilizado en la arquitectura desde hace más de un siglo. Algunos, incluso, se encuentran sin ninguna variación desde hace aún más tiempo. Para el autor, la fundamentación en referencia a lo geométrico es la misma, cambiando únicamente las herramientas que se utilizan para producir los dibujos y el soporte donde son observadas.

Se podría establecer, enfatiza Velandia (2009), que a pesar de haber pasado una primer y segunda generación, en referencia al uso de lo digital (donde en un comienzo su aplicación se relaciona con la producción de información bidimensional y luego la generación de imágenes tanto estáticas como dinámicas), “la concepción generalizada en el ámbito de la arquitectura, es que las TIC’s tal como se utilizan, son un gran lápiz sofisticado que reemplaza labores y tareas que anteriormente se realizaban con técnicas manuales.” (p.167).

En consecuencia, el paso de lo tradicional a lo digital, en la relación entre dibujo y arquitectura, ha planteado, según escribe Vargas (2018): “nuevas posibilidades de análisis y comprensión de los problemas de volúmenes y espacios (esencia de la Geometría Descriptiva), que pueden ser consideradas como sustitutivas o complementarias de las tradicionales”. Estas nuevas posibilidades, continúa el autor, implican la aplicación de nuevas estrategias pedagógicas adecuadas a las herramientas digitales, pero también la

necesidad de una revisión en la formación que se impone sobre los estudiantes de arquitectura en los diferentes centros educativos.

3.13 Arquitectura digital y educación

En este contexto, de cambios constantes, abruptos y acelerados, la enseñanza de arquitectura, sumergida en una realidad compleja, contradictoria y múltiple, se ha caracterizado, según plantea Chiarella (2009, p. 95), por el “cuestionamiento de la idoneidad de las actuales estructuras académicas y de la didáctica tradicional, para responder con éxito a los nuevos paradigmas culturales”. Por lo tanto, para el autor, definir el modo como se deben incorporar las tecnologías digitales a los procesos de enseñanza, principalmente a partir de la década de los noventa, ha sido parte de las preocupaciones de las diferentes universidades de arquitectura.

De esta manera, ante el avance de los sistemas computarizados, las escuelas de arquitectura se vieron ante la urgencia de revisar sus planes curriculares y crear nuevas estrategias de enseñanza aprendizaje. A medida que nos acercamos a la contemporaneidad, los métodos tradicionales de representación paulatinamente se han incorporado ante las diferentes opciones de los medios informáticos (pero sin ser eliminados), generando, en consecuencia, un camino de mixtura entre lo digital y lo analógico. Esta forma de abordar el proyecto de arquitectura, a partir de trabajar con sistemas mixtos (análogos-digitales), comenta Chiarella (2009), orienta al estudiante a una actitud reflexiva en relación con la elección de las geometrías y sistemas de representación.

En consecuencia, surgen dos maneras de comprender y entender el proyecto arquitectónico, dando como resultado diferentes lenguajes dentro de las aulas. Por un lado, los docentes conformados bajo las lógicas de los sistemas tradicionales, comenta Erazo y Sánchez (2013), están habituados a entender el proyecto en su totalidad, desde una vista general al detalle. De esta manera, el espacio es proyectado a través de dibujos bidimensionales y perspectivas a mano alzada, que, al ser observadas en conjunto, dan una idea aproximada de todo el proceso. Así, el proyecto es entendido de forma holística, donde solo existe un original y todas las imágenes que formaron parte del proceso de proyecto. Por otro lado, los estudiantes contemporáneos han sido enseñados a observar y comprender el elemento arquitectónico desde el detalle. Cuando la información es generada mediante sistemas digitales se puede englobar dentro de una estructura de información única, llamada genéricamente como *modelo*. Dicho modelo digital permite extraer una cantidad ilimitada de representaciones a partir de un único modelo que contiene a todos. De esta manera, las tecnologías digitales han permitido que el estudiante pueda tener un original en formato digital y una cantidad de originales físicos que son el resultado de dicho *modelo* digital.

En relación con esta problemática, Bermúdez (1998) advierte como en la década del noventa, dentro de las escuelas de arquitectura de los EE. UU., el camino de mixtura elegido se observa altamente positivo, en la medida que la arquitectura nace y es definida por la materialidad, lo corpóreo, y por lo tanto requiere de ese carácter real suministrado desde lo analógico. En otras palabras, escribe el autor, “no importa cuán evolucionados lleguen a ser nuestras herramientas y ambientes digitales (y existen todas las razones para creer que será increíblemente sofisticados), la fiscalidad de la arquitectura demandará alguna referencia directa al mundo análogo.” (p. 58).

Sin embargo, tal como se comentó anteriormente, todo este proceso ha supuesto un reto para las instituciones de enseñanza, en la medida que el espacio arquitectónico se ha venido ideando, proyectando y representando con los principios y métodos de la geometría euclidiana, de la perspectiva, del sistema cartesiano y de la geometría descriptiva. Este conjunto de saberes, enfatiza Chiarella (2009, p. 80), “han formado y forman la estructura instrumental básica con que cuentan los estudiantes y profesionales para la prefiguración arquitectónica”, siendo utilizados en la contemporaneidad como base instrumental del proceso proyectual, donde lo geométrico se ha mantenido, cambiando únicamente las herramientas que se utilizan para producir los dibujos y el soporte en donde pueden ser visualizados.

En este mismo sentido, García Moreno (2015) expresa que los procesos de diseño que tradicionalmente han manejado los arquitectos, y que continúan utilizando en la contemporaneidad de los estudios y escuelas de arquitectura, se limitan a la representación de plantas, fachadas y cortes en proyecciones ortogonales. Una vez finalizado este proceso, al término del diseño, se conforma el dibujo de presentación, desarrollado por perspectivas, preferentemente exteriores, que se ocupan de los aspectos plásticos o estéticos del objeto diseñado sin pensar en el espacio interior. Además, debido a lo laborioso que implica la construcción de las perspectivas, no son manejados como dibujos de proyectación, sino como de representación, siendo así desplazadas de las etapas de diseño.

De esta manera, la mayoría de las aproximaciones a lo digital han sido entendidas como la adquisición de capacidades técnicas y no como un complejo proceso cultural, alejándose de la comprensión de lo que estas herramientas de representación y prefiguración suponen para la ideación y conceptualización de la arquitectura. Como resultado, este proceso ha decantado que la gestación de los dibujos y su capacidad de simulación haya alcanzado cotas muy importantes de calidad en lo referente a su forma y producción, pero ignorando, según palabras de Lyon (2007), las verdaderas potencialidades creativas de las tecnologías digitales.

Asimismo, continúa Lyon (2007), a pesar de que las tecnologías digitales, en específico los sistemas de dibujo asistidos por computadoras (CAD) se hayan vinculado a la práctica y enseñanza de la arquitectura, su implementación aún se encuentra bajo un

paradigma propio de los métodos tradicionales. Este aspecto ha determinado que muchas de las estrategias didácticas proyectuales vigentes no se correspondan con las características de los nuevos sujetos de aprendizaje, generando, en consecuencia, que los estudiantes reciban cátedra y enfrenten la arquitectura y su aprendizaje de la misma manera como lo recibió el docente a cargo.

3.14 El nuevo sujeto de aprendizaje

Como se comentó anteriormente, el uso de la TIC por parte de docentes y estudiantes se ha intensificado durante los últimos años, siendo el 2020 (a partir de la irrupción del COVID 19) un punto de inflexión importante dentro de este proceso. Como resultado de la vinculación entre lo digital y la educación se han transformado, no solo el rol de las instituciones, sino también el de los sujetos dentro de las mismas.

Según establece Chiarella (2009), como consecuencia de una estrecha naturalización de las tecnologías y su entorno inmediato, se han gestado nuevas estructuras mentales en los nuevos sujetos de aprendizaje, no como parte de un proceso de evolución o adaptación de formaciones anteriores, sino como modificaciones estructurales desde el inicio mismo del proceso de aprendizaje.

Sin embargo, estos nuevos estudiantes, conformados en una generación que ha crecido inmersa en las TIC, (donde la vinculación con los teléfonos móviles, consolas de videojuegos, computadoras personales, la red de redes, etc., se ha convertido en parte integral de sus vidas y su realidad tecnológica), coexisten con otra comunidad generacional diferente, que aun compartiendo las mismas tecnologías (informáticas, móviles y multimodal), su uso y abordaje se produce de manera diferente (García & Morcillo, 2007).

Marc Prensky, uno de los principales autores que ha reflexionado sobre esta temática, en el documento *Digital Natives, Digital Immigrants* (2001), establece, a partir de la metáfora de los nativos e inmigrantes, dos perfiles diferentes de personas. Por un lado, la definición de *nativos digitales* refiere a las personas que han nacido y crecido en un ambiente donde han proliferado las nuevas tecnologías y sus dispositivos (computadoras personales, teléfonos inteligentes, videojuegos, etc.), así como las tecnologías asociadas a la informática masiva (internet, Twitter, YouTube, Facebook, TikTok, entre otros).

Por otro lado, los *inmigrantes digitales* son aquellas personas que en algún momento han adoptado las nuevas tecnologías como herramientas o como diversión, pero lo hacen, según el autor, con un “acento notorio”. Esto implica un acercamiento hacia entornos altamente tecnificados, pero conservando aspectos que corresponden a los paradigmas analógicos, como puede ser: imprimir un documento para leerlo o llamar por teléfono para verificar que llegó un mail. En contraste con los nativos digitales,

donde la información es algo a ser compartido, los inmigrantes poseen cierta tendencia a administrar la distribución de información, pues han sido educados dentro de un paradigma donde el conocimiento es poder.

En consecuencia, establece Prensky (2001), los jóvenes de hoy no pueden aprender cómo los jóvenes de ayer porque son diferentes tanto su cerebro como su cultura. Esta brecha condiciona al proceso mismo de aprendizaje, donde la enseñanza estructurada únicamente sobre los modelos tradicionales no puede asumir estratégicamente las potencialidades de los nativos digitales. Para solventar esta problemática el autor reclama nuevas vías de enseñar para conectar a los nuevos alumnos con su propio proceso de aprendizaje.

“Nuestros estudiantes han cambiado radicalmente. Los estudiantes de hoy ya no son los que nuestro sistema educativo estaba preparado para enseñar” (Prensky, 2001, p. 01).

La conceptualización de Prensky, demasiado simplificadora de la situación real, ha sido complementada por otros autores. Según establece Cassany y Ayala (2008), es difícil establecer una distinción clara entre los nativos e inmigrantes digitales. Según los autores, la transición del mundo analógico al digital es algo paulatino y afecta de manera diferente a las sucesivas generaciones y “de ningún modo se trata de una ruptura abrupta y puntual ocurrida en una fecha al tratarse de generaciones diferentes” (p. 62). Otra de las críticas de Cassany y Ayala (2008) refiere a que no queda definido con claridad a qué tipo de prácticas o discursos se está refiriendo Prensky cuando habla de digital. Según los autores, no existe un listado cerrado de lo que es o no digital. Por último, la metáfora Prensky establece un mundo separado entre lo analógico y lo digital, sin embargo, para Cassany y Ayala (2008) “lo uno y lo otro se complementa y vive en armonía” (p. 63).

Sin embargo, establece Leymonié (2015), a pesar de las críticas o apuntes referidos al planteo de Prensky, resulta imposible desconocer una brecha cognitiva – emocional entre las diferentes generaciones. Se trata “de una importante grieta que es difícil de cerrar y que presenta fuertes implicaciones cognitivas, psicológicas y pedagógicas.” (p. 13).

En consecuencia, teoriza Chiarella (2009), la distancia presente entre los nativos e inmigrantes digitales, planteados por Prensky (2001) y complementada por el resto de los autores mencionados, se conforma como uno de los principales obstáculos para el aprovechamiento de las nuevas interfaces digitales. Los docentes contemporáneos son, mayoritariamente, inmigrantes digitales, o en palabras de Leymonié (2015, p. 14): “en el mejor de los casos somos inmigrantes competentes, o mediadores intergeneracionales.”

Además, se podría agregar, continúa Chiarella (2009) que, en el caso de Latinoamérica, y en específico dentro de las universidades públicas (sin aranceles y con ingresos irrestrictos), la distancia descrita se observa no solo entre las diferentes generaciones de individuos del centro de estudio, sino que también dentro de una misma generación, en

la medida de dentro de un mismo grupo existen formaciones y experiencias culturales diversas.

Dentro del ámbito de la enseñanza de arquitectura, Carazo & Martínez (2013) plantean la existencia de una cuestión generacional en el no reconocimiento del potencial digital por parte del cuerpo docente, debido principalmente a un mecanismo defensivo innato denominado por algunos autores como *extrañamiento gráfico* (Uría 2007, Otxotorena 2007). Para los autores, dicho mecanismo pretende evitar que una de las disciplinas más controladas por los arquitectos, como es el dibujo, pase inevitablemente al territorio de los nuevos mecanismos de la sociedad de la información, convirtiéndola en una especialidad minoritaria y sectaria.

En este contexto, Chiarella (2009, p. 100) plantea que “la enseñanza basada solamente en modelos tradicionales no puede asumir estratégicamente las potencialidades de los nativos digitales, en la medida que su ambiente se caracteriza por cualidades diferentes al contexto en el que se desenvuelven cotidianamente”. Este proceso lleva, en la mayoría de los casos, a aplicar soluciones de contingencia y poco estructurales, aspecto que ha generado, en palabras de Bermúdez (1998, p. 59) a “esfuerzos inútiles y experiencias frustrantes, en medio de un ambiente que cuenta con un gran potencial productivo, exploratorio, teórico y pedagógico”.

El resultado de este proceso, continúa Bermúdez (1998), ha decantado en que las escuelas de arquitectura se encuentren en un ambiente productivo híbrido, con un gran potencial, pero paradójicamente sin ninguna teoría, pedagogía o conocimiento para liderarlo. La inexistencia de un profundo abordaje institucional, continúa el autor, genera aproximaciones superficiales, determinando, en consecuencia, que las ventajas productivas de los sistemas mixtos no hayan sido producto del resultado de la visión de docentes o autoridades, sino de la proactividad de los estudiantes.

A partir de los planteos de los diferentes autores, se observa la necesidad de actualizar el rol docente, dejando atrás los modelos lineales basados en la enseñanza tradicional. Este proceso, plantea Leymonié (2015), es mucho más que conformar un cambio metodológico, “se trata de una inflexión epistemológica dentro de las concepciones docentes sobre el enseñar y el aprender” (p. 14). De esta manera, para la autora, es necesario asumir que la única solución para retener a los estudiantes dentro de los centros educativos, hablando en términos generales, es mediante la desformalización de los sistemas.

En este contexto, enfatiza Chiarella (2009), guiar la formación del estudiante hacia una visión consciente y crítica sobre el modo en que las herramientas digitales son empleadas en la práctica de arquitectura (condicionando la manera de interpretación, comprensión y acción de los fenómenos de la realidad) es indispensable para una natural actualización de los procesos cognitivos hacia las disciplinas proyectuales. En la didáctica proyectual contemporánea, asumir el paradigma de la complejidad implica

tener, según establece el autor, “criterios suficientes de lo que se conoce y los fundamentos de todas las opciones posibles para acompañar cualquier investigación y/o exploración con la mayor cantidad de recursos formales y técnicos posibles y en función de los objetivos del proyecto y del proceso iniciado” (p. 102).

En consecuencia, según expresa Bermúdez (1998), es preciso que la enseñanza de arquitectura no se centre únicamente en el aprendizaje de los conocimientos y habilidades necesarias para manipular los instrumentos gráficos digitales, sino en la comprensión de las herramientas de representación y prefiguración y lo que ellas suponen para la ideación y comprensión de la arquitectura. El nuevo concepto de alfabetización se refiere a la adquisición y dominio de competencias centradas en el dominio de la comunicación y la información, no tanto en las habilidades sobre el uso de las tecnologías.

4. Objetivos

El presente trabajo de investigación aspira a realizar un estudio sobre la denominada arquitectura digital y sobre las implicaciones de las tecnologías de la información y comunicación en el ámbito local, la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de la República.

4.1 Objetivo General

_ **INDAGAR** sobre las diversas **estrategias de producción digital** en las etapas del **proceso de diseño del proyecto** de arquitectura en el contexto del taller de proyecto de la FADU, UdelaR.

4.2 Objetivos Específicos

_ **DELIMITAR** cuáles son las herramientas digitales utilizados por los estudiantes de taller de proyecto para la conformación de sus proyectos de arquitectura.

_ **DEFINIR** el modo y la relevancia con que los medios digitales se inscriben dentro de la práctica del proyecto de arquitectura.

_ **ANALIZAR** las diferentes etapas en que las herramientas digitales se incorporan en el proceso de diseño.

_ **DESCRIBIR** el grado de profundidad en el uso de las herramientas informáticas en cada una de las etapas del diseño arquitectónico (ideación, diseño y representación).

_ **IDENTIFICAR** los medios digitales que no estén en uso, o subutilizados según sus capacidades, en el taller de proyecto de arquitectura.

5. Preguntas que busca responder el proyecto

¿Cuáles son las estrategias de **producción digital** en las etapas del **proceso de diseño del proyecto** de arquitectura en el contexto del taller de proyecto de la FADU, UdelAR?

5.1 Preguntas específicas de investigación

¿Cuáles son las herramientas digitales utilizadas por los estudiantes para la realización de sus proyectos de arquitectura en el marco del taller de proyecto?

¿En qué modo y con qué relevancia los medios digitales se inscriben dentro de la práctica del proyecto de arquitectura?

¿En qué etapas del proceso de diseño los medios digitales se incorporan como un instrumento de representación e ideación?

¿Cuál es el grado de profundidad en el uso de las herramientas informáticas en cada una de las etapas del diseño arquitectónico?

¿Cuáles son los medios digitales que no están en uso, o subutilizados según sus capacidades, en el taller de proyecto de arquitectura?

6. Metodología

El presente trabajo de investigación se estructura en un ambiente donde se entrecruzan dos temáticas, por un lado, el uso de los medios digitales como herramienta de diseño y, por otro lado, la formación en la carrera de arquitectura de la FADU (UdelaR) representada en la disciplina del proyecto arquitectónico. De esta manera, la construcción teórica y la estrategia metodológica responden a la relación de estas dos esferas.

Para llevar adelante la investigación se define el alcance del estudio como de tipo *exploratorio*, visto que, de acuerdo con los autores Hernández, Fernández & Baptista (2010), este tipo de proyectos buscan examinar un tema poco estudiado, investigar nuevos problemas del cual se presentan muchas dudas o no se ha abordado con anterioridad, familiarizarse con fenómenos relativamente desconocidos o establecer prioridades para investigaciones futuras.

A pesar de que el debate sobre lo digital en arquitectura no es nuevo, siendo abordado en las últimas décadas por escuelas de arquitectura a lo largo de diferentes países, en el ámbito particular de la FADU (UdelaR), no se ha invertido tiempo en indagar sobre cuál debería ser el papel de las tecnologías de información y comunicación en la enseñanza de la disciplina. Además, no se ha investigado sobre el rol de la academia en la capacitación de futuros arquitectos para el manejo de las herramientas informáticas y, por otro lado, no se ha inquirido si es necesario que exista una diferencia entre la utilización de las tecnologías con objetivos pedagógicos y la capacitación en el manejo de herramientas digitales específicas para satisfacer las necesidades de un futuro mercado laboral.

De esta forma, la enseñanza dentro de la FADU (UdelaR) se desarrolla en un ambiente híbrido de trabajo, conformados por los sistemas de producción tradicionales y las herramientas digitales, pero desarticulados entre sí, donde los estudiantes son vinculados a la disciplina de la misma manera en que lo recibió el docente a cargo. Este proceso se conforma sin una reflexiva aproximación a los cambios acontecidos en los medios de expresión y la forma de conseguir, administrar y transmitir la información en la contemporaneidad.

En consecuencia, se entiende necesario un abordaje primario que tenga como objetivo proporcionar información general, una visión global sobre esta particular realidad en el ámbito local. Es así como **se buscó describir la utilización de los medios digitales en las etapas de producción de proyectos de arquitectura dentro de la FADU (UdelaR)**. A partir de esta exploración se procuró contribuir a la reflexión académica sobre el estado del arte de los medios digitales; y sobre el origen, aplicaciones presentes y alcances futuros de los mismos en la sociedad del conocimiento.

6.1 Definición de la estrategia metodológica

A lo largo de la Historia de la Ciencia han surgido diversas corrientes de pensamiento que, con el paso del tiempo, se han polarizado en dos aproximaciones principales: el enfoque cualitativo y el cuantitativo de la investigación (Hernández *et al.*, 2010). Cada uno de estos enfoques metodológicos es utilizado para casos particulares y distintos, en la medida que cada uno brinda un tipo específico de información y un acercamiento único a la realidad (Martínez López, 2004).

A este respecto, Rodríguez, Gil & García, (1996), plantean una serie de diferencias sustanciales de lo cuantitativo respecto a lo cualitativo en la conformación metodológica de una investigación. Los autores establecen que el objetivo sobre el que se cimienta la investigación cualitativa es la comprensión, centrado en la indagación de los hechos. En cambio, la investigación cuantitativa fundamenta su búsqueda desde las causas, persiguiendo el control y la explicación. La segunda característica, en referencia a la investigación cualitativa, se basa en el papel personal que adopta el investigador desde el comienzo de la investigación. Por el contrario, desde los diseños cuantitativos, el investigador debe de estar libre de valores e interpretar una vez que los datos se han recogido y analizado estadísticamente. Como última particularidad diferenciadora de las metodologías, concluyen los autores, el enfoque cualitativo de investigación no descubre, sino que construye el conocimiento.

Como se observa, ambas estrategias metodológicas pueden ser consideradas opuestas en muchos sentidos. No obstante, establece Stake (2007), se puede expresar que la distinción entre ambas no se relaciona directamente con la diferencia entre los datos cuantitativos y cualitativos, sino con las diferencias entre las búsquedas de las causas frente a las búsquedas de los acontecimientos.

En referencia a lo planteado y tomando en cuenta el tipo de conocimiento que pretendió adquirir en la presente tesis, **la estrategia metodológica se definió en un tipo de investigación que buscó conocer, comprender y profundizar un determinado fenómeno, explorándolo desde la perspectiva de los participantes, en un ambiente natural y en relación con el contexto. Por consiguiente, la estrategia implementada corresponde con una metodología de investigación cualitativa.**

Este paradigma investigativo, como describe Guevara (2013), se articula enteramente al tipo de estrategia que demanda la observación en los procesos de enseñanza aprendizaje, en la medida que es holístico, integrador y se preocupa por comprender la perspectiva de los participantes en su entorno y complejidad, es decir, la forma en que los individuos perciben subjetivamente su realidad.

Además, según se afirmó anteriormente, dicha estrategia no busca cuantificar datos, sino comprender el fenómeno que se estudia. Por ello, el enfoque cualitativo empleado

se presenta como la metodología idónea, en la medida que se basa en la utilización y recogida de una variedad de materiales (como puede ser: *entrevistas en profundidad, análisis documental, observación, etc.*) que permite estudiar de forma exhaustiva una unidad en su contexto, para el caso particular del presente estudio: **el aula, resumida en los estudiantes y docentes del taller de proyecto de arquitectura de la FADU (UdelaR).**

6.2 El estudio de caso como método

De acuerdo con el psicólogo educativo Stake (1994) los estudios de caso se caracterizan por abordar de manera intensiva una unidad, que puede estar referida a una persona, familia, grupo, organización o institución. A su vez, continúa el autor, el caso puede ser algo simple o complejo, pero siempre con la particularidad de ser una unidad (aunque en algunos estudios pueden existir diversas unidades que se estudian de manera independiente).

Adicionalmente, escribe Yin (1989), el objetivo principal del *estudio de caso* es comprender el significado de una experiencia a través de la medición y el registro de las personas involucradas en el fenómeno estudiado. Asimismo, Goldenberg (2007) plantea que no se conforma como una técnica específica, sino que se presenta como un análisis completo, teniendo en cuenta la unidad estudiada con el fin de comprenderla.

Dentro de la presente tesis, una de las particularidades que incentivó la conformación de un estudio de caso se relacionó con lo planteado por Guevara (2013). Según el autor, una de las problemáticas referidas a las investigaciones cualitativas se presenta en el análisis de los datos y en darle un sentido a la información recogida, en la medida que escasean los procedimientos concretos para el análisis cualitativo. Así, continúa Guevara, dar un propósito a los datos cualitativos implica reducirlos a través de diferentes técnicas (entrevistas en profundidad, observación, etc.) hasta obtener una serie de categorías que permitan sacar conclusiones comprensivas. De esta manera, “en este tipo de investigación el paso de la montaña de datos a la estructuración y presentación de conclusiones exige tiempo” (p. 281).

En este contexto, donde se plantea una investigación que por sus características demanda más tiempo que otros enfoques a la hora de analizar los problemas y elaborar conclusiones, **se decantó por conformar la tesis a partir de una estrategia de estudio de caso.** Dicha elección permitió, por un lado, estudiar una situación efectiva dentro de su complejidad real, pero sin salir de lo concreto y, además, al centrar la atención en un único elemento, este pudo ser examinado en profundidad aun cuando los recursos al alcance del investigador son limitados.

Por otro lado, enfatiza Muñiz (2010), existen diversas discusiones en la literatura que trata la investigación cualitativa en referencia a la forma de considerar el estudio de

caso. Algunos autores plantean que este tipo de estudio es parte de un enfoque, otros de una estrategia de investigación y para el resto alude únicamente a un aspecto del método, vinculado a la selección de la muestra.

Para la situación particular del presente trabajo, la forma de abordar el problema quedó referido a este último punto, donde el estudio de caso se conformó como parte de la técnica de recolección de información. En este sentido, continúa Muñiz (2010), es posible entender al estudio de caso como parte de la selección de la muestra, donde el investigador, a partir de la adopción de un paradigma, enfoque o estrategia para estudiar un fenómeno o poner a prueba una teoría, debe determinar cuál o cuáles son los casos más apropiados en referencia a los objetivos del estudio.

Una siguiente categorización planteada por Stake (1995) refiere al propósito del estudio de caso. Según el autor, se puede estudiar un caso por dos razones básicas: estudiar un caso en sí mismo (*intrínseco*) o para someter a prueba una teoría (instrumental). En la presente tesis, el enfoque inicial de la elección del caso pretendió conocer y comprender un problema más amplio a partir de un caso particular, estableciéndose dentro de un estudio de caso instrumental. Así, el caso intentaría ser la vía para dar cuenta de algo que esté más allá de sí mismo, donde buscaría entender un problema o unas condiciones que afecte no sólo al caso de estudio, sino también a otros (Stake, 1994).

Sin embargo, a partir de la investigación preliminar (que más adelante se detalla en profundidad) se observaron una serie de aspectos que decantaron en que la elección del caso estuviera definida a partir del interés del caso en particular (*intrínseco*) y no por ser un instrumento para comprender otra cosa. De esta manera, continuando con las clasificaciones de Stake (1994), el tipo de caso se clasificó dentro de los denominados casos *atípicos*. Estos casos presentan características particulares que los hacen diferentes a los demás y su interés radica en dicho punto. No se pretendió, como sí sucedió en un primer momento, comprender un problema más grande a partir de un caso particular, sino que el interés quedó centrado en abordar **cómo ocurre la utilización de los medios digitales en las etapas del proceso de diseño de proyectos de arquitectura en el ámbito del taller a partir del único caso donde se pudo constatar la implementación de una estrategia digital desvinculada de los métodos tradicionales.**

6.3 Configuración del caso

Según se comentó en los capítulos iniciales, en la búsqueda de profundizar el conocimiento sobre el lugar donde el investigador de la presente tesis desarrolla la tarea docente, se estableció como **universo de investigación** a la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de la República. A partir de estas condiciones iniciales, establecidas como parte del planteamiento del problema y la elección del

contexto, la delimitación de la población se basó en una serie de definiciones con vistas a determinar qué casos particulares estudiar y dónde encontrarlos.

De esta forma, con el propósito de crear una primera delimitación del universo de estudio, para poder describir de mejor manera los objetivos de la tesis en el marco del estudio de caso, se conformó como **unidad de análisis** (participantes, objetos, sucesos o comunidades) a los **estudiantes y docentes de los talleres de anteproyecto de Arquitectura** de la FADU (UdelaR).

Como establece Kazes (2009), la muestra en los estudios exploratorios no se basa en la exigencia de generalizar los resultados sino porque las características de los individuos seleccionados sean aptas para responder a las preguntas planteadas de la investigación. Así, las razones que llevaron a centrar la investigación en el ámbito del taller de arquitectura, dentro del vasto universo de cátedras que configuran la FADU (UdelaR), se basaron principalmente en los fundamentos que presenta el taller en la conformación del proceso de enseñanza-aprendizaje del proyecto de arquitectura.

El taller, en la estructura actual del plan de estudio 2015, se plantea como el espacio principal de aprendizaje, reflexión e integración del proyecto de arquitectura, donde se conforma como un ámbito de exploración, reflexión y creación, en tanto teoría y práctica arquitectónica. Históricamente ha estado presente en todo el proceso de la carrera, con diferentes cursos a lo largo de los distintos semestres y con múltiples objetivos programáticos, de escala y diseño de la arquitectura y el urbanismo, pero, además, ha definido el perfil académico y la naturaleza de la institución, configurándose como una síntesis del proceso de enseñanza de la arquitectura.

En este contexto, se decantó por abordar el problema de investigación tomando como punto de partida el curso final de taller, denominado: *trabajo final de carrera* (en adelante: TFC). Establecer la investigación en el último año de la carrera respondió a una serie de factores. Por un lado, la existencia de una mayor factibilidad en el acercamiento de los estudiantes con los medios digitales, en la medida que el proyecto final se concibe como un resumen integral del proceso de aprendizaje, donde se conjugan los diferentes saberes acumulados a lo largo de la carrera y se busca integrar las diferentes especialidades que hacen a la generación de un proyecto de arquitectura. Por otro lado, la coyuntura del TFC se concibe como el único contexto donde se pasa efectivamente del anteproyecto, desarrollado en los talleres previos, al proyecto arquitectónico. Este cambio de alcance permite profundizar (por parte de los estudiantes) en cada una de las variables que involucra el proyecto arquitectónico, pudiendo avanzar no solo en las intenciones preliminares (vinculadas a procesos teóricos-conceptuales), sino principalmente en los aspectos técnicos-prácticos más específicos (vinculados a la producción de los insumos gráficos para la construcción del proyecto). Es así como, tanto los procesos de ideación del proyecto como las respuestas de carácter arquitectónico se entienden como una actividad intrínseca del trabajo de

final de carrera. De esta manera, el TFC se estructura como un curso de proyecto integral, donde la generación de una respuesta de carácter arquitectónico, basada en una serie de herramientas, recursos y medios, se concibe como una instancia oportuna donde vincular la investigación según el planteamiento del problema y los objetivos establecidos.

La siguiente etapa en la conformación del caso se basó en definir la cátedra del taller de proyecto a desarrollar la investigación. La conformación de los talleres, en la estructura de la FADU (UdelaR), tiene la particularidad de actuar en la modalidad de cátedras múltiples (taller Apolo, taller Articardi, taller Berio, taller Comerci, taller Danza, taller De Betolaza, taller Velázquez, taller Schelotto y taller Martín), lo que supone una diversidad de aproximaciones a la enseñanza del proyecto arquitectónico. Por consiguiente, todo el universo de estudiantes que participan en los talleres de proyecto de arquitectura está dividido en nueve estratos, correspondientes a cada una de las cátedras.

De esta manera, en vista de presentar un diseño que responda a lo planteado por el estudio de caso, se trabajó sobre uno de los talleres de proyecto, específicamente el taller Comerci. La elección de la cátedra, en el total de las nueve existentes, se fundamentó en dos circunstancias principales. La primera refiere a la relación presente, a partir de diversas colaboraciones, entre el *Centro de Integración Digital* (cátedra a la que el autor de la tesis pertenece) y el coordinador del TFC del taller Comerci: el arquitecto Sergio Barreto. La segunda circunstancia, que en el siguiente capítulo se detalla en profundidad, se basa en la metodología de trabajo en relación con la arquitectura y la digitalidad planteada por el curso de TFC del presente taller. Dicha aproximación de lo digital, impulsada desde la coordinación del curso, se entiende como un elemento diferenciador, frente a los demás talleres, según los objetivos planteados en la presente tesis.

El último aspecto a la hora de construir el caso se definió por el período temporal del estudio. Como se comenta en los capítulos anteriores, se considera la década del noventa como el momento histórico donde los nuevos sistemas de representación se introducen de forma contundente en la práctica arquitectónica a nivel internacional. Sin embargo, el presente trabajo busca describir cómo ocurre la utilización de los medios digitales en las etapas de producción de proyectos de arquitectura dentro de la contemporaneidad, para de esta manera teorizar sobre la dirección que ha tomado la enseñanza de proyectos en el ámbito de la FADU (UdelaR). Por consiguiente, se establecen los cursos desarrollados durante los últimos años lectivos, específicamente al período 2018 – 2019, como el período temporal para la investigación.

En conclusión, la configuración del caso quedó constituido por los estudiantes del curso de taller de proyecto de la cátedra Comerci, correspondiente al último año de la carrera de arquitectura, denominado: trabajo final de carrera (TFC),

durante los años lectivos 2018 - 2019 en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la UdelaR.

De la totalidad de estudiantes que conformaron los cursos de TFC 2018 y 2019 del taller, se tomaron seis casos para realizar el estudio, en la medida que fueron considerados elementos apropiados para analizar alguno de sus aspectos particulares.

6.4 Construcción de las herramientas de recolección de información

Los instrumentos de recolección de información, o sea, el medio para obtener la información necesaria para dar respuesta al objeto de estudio, se basó, por un lado, en la realización de *entrevistas en profundidad* a los actores dentro del objeto de estudio, conformado por los estudiantes participantes del curso y, por otro lado, a la conformación de una técnica de *investigación documental* aplicada a las entregas de los estudiantes (denominadas: carpetas) correspondiente a los trabajos del curso de taller de proyecto. Una vez obtenida la información se procedió a su análisis con el fin de validar los resultados alcanzados en el estudio desde una perspectiva cualitativa.

6.4.1 Entrevistas en profundidad

Dichos encuentros, específicamente seis para la presente tesis, se realizaron sobre los estudiantes participantes dentro del curso TFC del taller Comerci. El objetivo se estableció en explorar cómo se percibe, entiende y concibe la aplicación de las tecnologías digitales en la conformación de los proyectos de arquitectura desde la perspectiva de los participantes en su contexto de actuación: el aula.

La entrevista es un método indirecto de recolección de datos, predominantemente cualitativo, que se utiliza como una de las principales estrategias para obtener información en la investigación social. A diferencia de las entrevistas estructuradas, desarrolladas en base a un formato de preguntas y respuestas, las entrevistas en profundidad se basan en una serie de “encuentros cara a cara entre el investigador y los informantes” y se caracterizan por ser flexibles y dinámicas (Taylor & Bogdan, 1987, p. 101). Permite recoger información sobre acontecimientos y aspectos subjetivos de las personas: creencias y actitudes, opiniones, valores o conocimiento, que de otra manera no estarían al alcance del investigador (Martínez López, 2004).

Continuando con lo expresado por Taylor & Bogdan (1987) se pueden diferenciar tres tipos de entrevistas cualitativas en profundidad. Dentro de la presente tesis, por estructura y diseño, las entrevistas realizadas tuvieron la finalidad de “presentar un cuadro amplio de una gama de escenarios, situaciones o personas” (pp. 103). De esta manera, a diferencia de la observación participante u otro método válido para poder recolectar información dentro del aula, donde su observación consumiría varios años por tener que

recorrer con ellos el proceso del curso, la *entrevista en profundidad* tomó relevancia dentro de la investigación fundamentalmente en la medida que permitió estudiar un número acotado de personas en un lapso comparativamente breve de tiempo y esfuerzo.

Sin embargo, es importante poner en contexto las desventajas de este sistema frente a otros métodos de recogida de información en la investigación cualitativa. Según expresa Taylor & Bogdan (1987) los datos que se obtienen a partir de los intercambios consisten únicamente enunciatos verbales o discursivos. De esta manera, dichos intercambios pueden presentar los mismos problemas (exageraciones, engaños, falsificaciones, etc.) que caracterizan a cualquier comunicación verbal. También, comenta Deutcher (1973, citado por Taylor & Bogdan, 1987) a pesar de que las entrevistas reflejan un modo de pensar, es posible que exista una diferencia entre lo que el entrevistado dice y lo que realmente hace. Además, continúan los autores, en la medida que los entrevistadores no observan a los individuos en su vida cotidiana, no se puede conocer el contexto para poder comprender muchas de las perspectivas planteadas.

A pesar de los problemas inherentes propios de este sistema de recolección de información, concluye Taylor & Bogdan (1987), es imperativo subrayar que las entrevistas en profundidad permiten, mediante la creación de una atmósfera en la que es probable que se expresen libremente, conocer en profundidad a las personas que se estudia.

6.4.2 Investigación Documental

La investigación documental (o de documentación), de acuerdo con sus características y virtudes, es una de las técnicas más utilizadas en la investigación social y, de acuerdo con el tipo de información que permite obtener, se presenta como una técnica cualitativa.

Se puede definir como un conjunto de distintas herramientas, estrategias y recursos que permiten la construcción y obtención, siempre de manera indirecta, de información y conocimiento sobre algún fenómeno de la realidad a partir de la consulta de diversos documentos (Martínez López, 2004).

Por su parte, Baena (1985), plantea que la investigación documental es una técnica que consiste en la selección y compilación de información a través de la lectura y crítica de documentos y materiales bibliográficos, bibliotecas, bibliotecas de periódicos, centros de documentación e información.

La investigación documental presenta similitudes con la investigación bibliográfica, en la medida que ambas utilizan el análisis de datos ya existentes. Sin embargo, la principal diferencia se presenta en el origen de los datos, en la medida que la investigación

bibliográfica se basa en materiales ya elaborados con el propósito de ser leídos, en cambio, la investigación documental utiliza documentos con diversas finalidades (Gil, 2008).

En la presente tesis, los documentos utilizados para el análisis se conformaron por los archivos digitales de los proyectos de arquitectura cedidos por los estudiantes a la cátedra del taller. De esta forma, se analizaron una totalidad de seis documentos de estudiantes del taller Comerci del curso TFC 2018 y 2019, constituidos por los recaudos gráficos (dibujos técnicos, perspectivas, renders, animaciones, croquis, esquemas, diagramas, etc.) correspondiente a los proyectos de arquitectura.

6.4.2.1 Estrategias Digitales

El propósito del análisis e interpretación de las carpetas dentro de la investigación documental apunta a establecer **como ocurre la utilización de los medios digitales en los proyectos de arquitectura analizados**. Sin embargo, con el propósito de facilitar la síntesis del análisis de la investigación documental desarrollado (tanto en la etapa de análisis del objeto de estudio como en la etapa de investigación preliminar), se identifican una serie de categorías, referidas a las diversas estrategias digitales, donde enmarcar cada una de las carpetas a ser analizadas.

Para su establecimiento se tomaron en consideración las principales estrategias de diseño digital vinculadas a la arquitectura desarrolladas por Arteta (2017), en base a los aportes y propuestas conceptuales de autores como Kostas Terzidis, Rivka Oxman, Nick Dunn y Toni Kotnik. Cada una de las estrategias utilizadas establece una forma de “pensar, de concebir y de implementar lo digital en el seno del diseño de arquitectura.” (Arteta, 2017, p 02).

a) Métodos *representacionales*

Se refiere al uso de las computadoras exclusivamente como instrumento de dibujo o representación. Bajo este método, el uso del modelo digital se transforma en una herramienta para automatizar los dibujos de producción y representación, donde no se ofrece ninguna explicación causal del diseño ni aporta ninguna información sobre su funcionamiento o intenciones. De esta manera, plantea Abondano (2018), una arquitectura producida dentro de esta estrategia se convierte en una herramienta de representación que permite automatizar los dibujos de producción y presentación.

Además, según palabras de Velandia (2009), las tecnologías digitales, tal como son utilizadas bajo la lógica representacional, se pueden considerar un gran lápiz sofisticado que sirve para reemplazar las tareas y labores que antes se realizaban mediante técnicas manuales.

En este tipo de estrategias, la figura del proyectista-diseñador se establece como el único agente creativo, de donde surgen las ideas y formas geométricas que más adelante del proceso de diseño son traducidas a la gráfica digital. El proyectista mantiene un control total sobre la forma arquitectónica en todas las etapas del proceso de diseño. Esta forma de trabajo obedece a una lógica visual y formal característica de las técnicas tradicionales del uso del papel (Arteta, 2017).

En la utilización de los métodos representacionales la comunicación entre el proyectista y lo digital se produce a través de paquetes de software, principalmente CAD¹⁰. Esta familia de programas informáticos permite al proyectista representar determinadas formas geométricas a través de la incorporación de un número de comandos tipo. Los procesos de cómputo y cálculo digital se producen a la interna del software, donde el usuario únicamente se limita a controlar y manipular las formas resultantes (Arteta, 2017).

A pesar de las similitudes entre el dibujo tradicional y el dibujo basado en métodos representacionales, el uso de herramientas digitales de representación da la posibilidad de dibujar y manipular geometrías complejas que serían difícilmente replicables bajo métodos tradicionales. Las posibilidades de desarrollo y experimentación bajo el uso de lo digital permiten al diseñador acceder a libertades formales no alcanzadas bajo la órbita del lápiz y el papel.

Sin embargo, autores como Terzidis o Kotnik se mostraron muy críticos con la lógica representacional de trabajo, llegando a considerarla como no-digital (Terzidis, 2006; Kotnik, 2010 citado por Arteta, 2017). Según los autores, las estrategias representacionales planean una aproximación excesivamente superficial al mundo digital, donde el proyectista no llega a ser consciente de todos los procesos computacionales involucrados en las fases del proyecto.

De las lógicas representacionales a las algorítmicas

El paso de las estrategias representacionales a las estrategias algorítmicas implica una manera diferente de vincularse a lo digital, donde pasa de ser “una mera herramienta auxiliar a convertirse en un auténtico compañero de trabajo” (Arteta, 2017, p. 5). Este hecho, continúa el autor, implica asumir un grado de incertidumbre, teniendo que aceptar las contingencias producto del cálculo

¹⁰ Las siglas CAD significan Computer-Aided Design. En español: diseño asistido por computadora (DAC).

computacional. Así, el proyecto arquitectónico adquiere una nueva concepción, donde los aspectos creativos no son exclusivos del proyectista, sino “una especie de experimento, de una exploración más próxima a la metodología científica” (Arteta, 2017, p. 5)

Sin embargo, para que la comunicación entre el diseñador y la máquina se desarrolle activamente es necesario que los mensajes se expresen en un mismo idioma. De esta manera, el algoritmo se conforma como lenguaje común para codificar y decodificar los mensajes, estableciéndose como “el mediador entre la mente humana y la capacidad de procesamiento del computador” (Terzidis, 2006, citado por Arteta, 2017, p. 5). En consecuencia, el diseño de algoritmos se establece como la tarea fundamental de las estrategias proyectuales vinculadas a la programación y la computación, de ahí su nombre: estrategias algorítmicas.

Existen diversas formas de utilizar o programar los algoritmos en el diseño arquitectónico, siendo las principales estrategias, según plantean autores como Terzidis (2006) o Arteta (2007), aquellas basadas en los métodos *paramétricos* y *generativos* (expuestos a continuación).

b) Métodos *paramétricos*

Como definición, el método paramétrico es un proceso de diseño basado en un esquema algorítmico¹¹ que permite expresar parámetros y reglas con el objetivo de definir, codificar y aclarar las relaciones entre los requerimientos del diseño y el diseño resultante (Jabi, 2013). De esta manera, el modelo y sus elementos son generados de manera automática a través de un sistema de argumentos lógicos internos al software, y no por alteraciones manuales directas sobre el modelo (como es el caso de los métodos representacionales).

De lo anteriormente mencionado se desprenden dos principales propiedades, por un lado, en el método paramétrico los diferentes elementos o componentes se encuentran vinculados a través de leyes relacionales (Woodbury, 2010). Así, bajo esta primera propiedad, en el diseño paramétrico no solo se idean los elementos básicos del sistema, sino que además se elaboran y programan los vínculos a través de funciones matemáticas. La segunda característica de estos sistemas se basa en el modo de funcionamiento, donde tiende a trabajar de manera solidaria como un todo. De esta forma, un cambio en uno de los parámetros afecta al resto de los parámetros y comandos asociados (reacción en

¹¹ En diseño computacional, un algoritmo es una secuencia de instrucciones que, procesadas, deviene un listado infinito de opciones para resolver problemas de diseño.

cadena), generando como resultado una actualización completa y al instante de todo el modelo (Arteta, 2017).

De acuerdo con el planteo de Szalapaj (2001), la utilidad de esta estrategia no se encuentra en la capacidad de presentación, sino en la aptitud para **predecir** y **evaluar** el proyecto. Así, más allá de representar la forma, este método permite analizar soluciones de diseño con el objetivo de comprender mejor el problema arquitectónico y proponer soluciones más eficientes, vinculadas a las capacidades de cálculo de las herramientas informáticas.

En este contexto, la capacidad de los sistemas computarizados para procesar gran cantidad de datos simultáneos permite la **evaluación** constante del proyecto y su ajuste u optimización a los objetivos del diseño. Así, la evaluación digital orienta al proceso generativo y además facilita la externalización del conocimiento, permitiendo la colaboración con otros agentes que participan en el proyecto.

A partir de lo observado se distingue una de las principales diferencias entre los métodos representacional y paramétrico. En las estrategias representacionales (mencionadas en el *punto a*), los elementos representados, en base a métodos digitales, tienden a ser independientes, mientras que en los paramétricos se encuentran estrechamente vinculados. Es así como, un cambio en la forma o la posición de algún elemento del proyecto, basado en una lógica representacional, implica modificar manualmente una gran cantidad de documentos. En cambio, bajo la lógica paramétrica, dichas transformaciones quedan automáticamente reflejados en las plantas, secciones, alzados, perspectivas, etc. En consecuencia, un diseño arquitectónico englobado dentro de una lógica paramétrica se convierte en un **proceso**, mediante la introducción de parámetros y restricciones (a partir de un determinado software), posibilitando la resolución del proyecto en una cantidad variable de diseños y objetivos.

En la actualidad, el diseño paramétrico puede ser desarrollado a partir de un variado conjunto de programas informáticos, como puede ser Revit, ArchicAD, GrassHopper (plugin para Rhinoceros), entre otros. Sin embargo, es importante aclarar las diferencias entre una herramienta de trabajo paramétrica y una metodología de trabajo (como es el BIM). Muchas veces se confunde el concepto múltiple del BIM con un programa de computadora determinado (Revit, ArchiCAD y Rhino son software donde el sistema BIM puede aplicarse).

Como definición, BIM es el acrónimo de *Building Information Modeling* (en español: modelado de información de construcción), pero también se lo define como *Building Information Management* porque presenta vinculaciones con la

gestión de la información y no solo con el modelado. Su metodología de trabajo presenta a la información como elemento central, posibilitando a todos los actores involucrados en los diferentes procesos (ideación, proyecto, construcción, mantenimiento, operación, etc.) acceder a una misma información a partir de un único archivo (formulado como la versión digital del futuro edificio real). Así, el BIM, como proceso de trabajo, facilita la coordinación y colaboración entre los diferentes equipos, permitiendo no solo diseñar un proyecto, sino también a construirlo y gestionarlo.

Por otro lado, el Revit, ArchiCAD o Rhino, entre otros, son programas creados para trabajar en un entorno BIM, permitiendo optimizar los flujos de trabajo específicos de la disciplina (como puede ser la sanitaria, la estructura, las instalaciones eléctricas, etc.). De esta manera, el software es una herramienta que permite crear los modelos digitales necesarios para generar los proyectos BIM. Así, el BIM proporciona la información y el software (como puede ser Revit) es un medio que se utiliza para crear y acceder a dicha información.

Un modelo BIM, a diferencia del CAD, busca reproducir los procesos reales de construcción, obteniendo un equivalente virtual de los elementos constructivos y diferentes objetos que son necesarios para la consolidación física del objeto diseñado (gemelo digital del edificio real). Así, los principales beneficios de este sistema están en la gestión del **tiempo** (costos) y la **información**, como también en la capacidad de tomar decisiones fundadas en la representación virtual del proyecto antes de su ejecución.

Dentro del diseño paramétrico (independientemente del software utilizado), de acuerdo con la forma y la profundidad de relacionar los parámetros (conformados por el proyectista o basados en datos preestablecidos), se pueden desarrollar estrategias con diferente grado de experimentación. De esta manera, según establece Abondano (2018), el número de parámetros e interacciones que pueden evaluarse conjuntamente, bajo la lógica paramétrica o algorítmica, es proporcional a la eficiencia del diseño arquitectónico. Por consiguiente, puede suceder un caso en donde el diseñador plantee un esquema con interrelaciones simples y parámetros preestablecidos. Si esto sucede, el diseño paramétrico se encontrará próximo a una estrategia representacional. Si, por el contrario, las relaciones se generan en base a una mayor complejidad y los parámetros se definen a partir de una gran cantidad de datos, “el diseñador dejará de tener el control completo sobre el resultado final, dando inicio a un proceso de exploración abierto a ciertas dosis de contingencia y sorpresa” (Arteta, 2017, p. 10). Este último caso, plantea el autor, es donde las lógicas computacionales y algorítmicas se manifiestan más claramente.

De esta manera, independientemente del software utilizado, para que un diseño se establezca dentro de una lógica paramétrica es indispensable que determine una serie de **vinculaciones** y **relaciones** profundas entre los elementos. Si los comandos paramétricos están vinculados a lógicas puramente mecanicistas del dibujo, por ejemplo: para el ahorro del trabajo (sin ninguna implicación a nivel de proyecto) nos encontramos frente a lógicas vinculadas a una función estrictamente representacional. Por tanto, el uso de un software determinado (aun siendo un programa informático creado pensando en una dinámica BIM) no implica una estrategia de trabajo digital en particular.

c) Métodos *generativos*

Las estrategias generativas se conforman como un proceso de búsquedas de formas arquitectónicas que pueden imitar el enfoque evolutivo de la naturaleza para el diseño. Para su desarrollo, el diseñador plantea una instrucción informática (algoritmo) que, mediante su ejecución recursiva por medios informáticos, conduce a la generación de la forma arquitectónica (Arteta, 2017).

Según plantea Celestino Soddu, uno de los referentes en el diseño *generativo*, se basa en un proceso morfogenético que utiliza una serie de algoritmos no estructurados con sistemas no lineales con el objetivo de obtener resultados únicos e irrepetibles, ejecutados por un código de idea, como en la naturaleza (Soddu, 2002).

A diferencia del método paramétrico, planteado anteriormente, donde el proyectista construye de forma consciente y controlada cada una de las relaciones existentes entre los diferentes elementos del proyecto, en las estrategias generativas el diseñador controla únicamente las condiciones iniciales. De esta manera, las etapas intermedias hasta llegar al objeto final se desarrollan de una manera oculta para el diseñador, conformándose al interior del software donde se ejecuta (Arteta, 2017).

A pesar del grado de incertidumbre que presenta este método de diseño, donde el proyectista no tiene el control total del objeto ni tampoco el sistema informático tiene el control y diseña lo que quiere, el resultado a obtener será siempre coherente con las condiciones establecidas inicialmente. En consecuencia, la computadora pasa de ser el lugar donde se grafica el proyecto a convertirse en coautor, presentando múltiples alternativas de diseño según los requisitos originales del diseñador. Sin embargo, el rol de las computadoras se encuentra en ayudar a organizar y priorizar las decisiones, pero no pueden tomarlas, solo el diseñador puede decidir lo que es importante.

Dependiendo de la función, los algoritmos generativos se pueden clasificar en dos categorías, los **orientados a procesos** y los **orientados a fines**. Los primeros, algoritmos generativos orientados a procesos, son aquellos cuyo desarrollo no está definido a ningún fin u objetivo en particular. Están orientados al estudio y análisis de diferentes fenómenos complejos presentes en la vida real. Por otro lado, los algoritmos orientados a fines, su desarrollo está dirigido a una meta definida, por ejemplo: optimización de procesos, descubrir la solución más adecuada a un problema, etc. Son utilizados para lograr formas óptimas frente a factores externos como el grado de asoleamiento, el comportamiento estructural, etc. (Arteta, 2017).

Los modelos generativos, según lo comentado anteriormente, son un tipo de modelo paramétrico, que también puede vincularse bajo una metodología de trabajo BIM. La mayoría de los programas informáticos más conocidos, como es el caso de GrassHopper (plugin de Rhinoceros) o Dynamo (plugin de Revit), están vinculados o se pueden vincular a modelos BIM, en la medida que su software base es empleado para el diseño paramétrico. Esta característica es un valor añadido para los sistemas generativos, en la medida que se entiende como un avance más de los programas informáticos arquitectónicos.

Lars Hesselgren comenta: “el diseño generativo no es diseñar un edificio, es diseñar el sistema que diseñe un edificio” (citado por Díaz, 2018, p. 10).

7. El estudio de caso

El presente capítulo plantea como objetivo **indagar sobre la utilización de los medios digitales en las etapas de producción de proyectos de arquitectura dentro de los talleres de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la UdelaR**. Para llevar a cabo este planteo, en relación con un **estudio de caso**, la investigación se centró en recabar información sobre los estudiantes del curso de taller de proyecto de la cátedra Comerci, correspondiente al último año de la carrera durante los años lectivos 2018 y 2019.

6.5 El inicio de lo digital en la Facultad del estudio de caso

El proceso de reinstitucionalización democrática del país, hacia mediados de la década del ochenta del siglo pasado, es acompañada de un retorno a la vida democrática de la Universidad. Estos primeros años, caracterizados por su fermentabilidad e intensidad, según comenta Schelotto (2015), estuvieron marcados por el trazado de objetivos ambiciosos y transformaciones que solo se concretaron en parte. Fue un periodo para pensar y hacer, de construir y reclamar, continua el arquitecto, donde se hizo fundamental asumir e incorporar las miradas y trayectorias diversas, buscando una integración para generar un sentido común colectivo.

Es a partir de este periodo donde se concreta la llegada de la era digital a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, según lo expresa el arquitecto Marcelo Payssé (director del Centro de Integración Digital). Sin embargo, su desarrollo se produce de manera tardía si se compara con otras instituciones, siendo el final de la década del ochenta, específicamente con la creación del *Centro de Informática* en el año 1988, donde se consolida definitivamente (Payssé, 2015)

A diferencia de lo ocurrido en otros países de la región, como el caso de Brasil, donde la inclusión del medio digital se produjo por medio de una legislación (*Portaria n° 1.770 do Ministério da Educação e Cultura*), en la FADU (UdelaR) el proceso digital se inició por un grupo de pioneros¹² en el uso de las herramientas informáticas con fines académicos/profesionales. Estos primeros referentes, a mediados de los ochenta conformaron la *Comisión de informática* (que años más tarde decantaría en el *Centro de Informática*), donde, en una primera instancia, se orientó a la producción de recursos humanos para el ámbito docente, principalmente en lo referente a las aplicaciones de diseño asistido por computadoras y cálculo estructural (Payssé, 2015).

¹² Enrique Besuievsky, Martha Kohen, Jorge Bonfiglio, Juan Grompone, Isidoro Singer, Diego Matho, Álvaro Acerenza.

Estos primeros años fermentales, según expresa el arquitecto Payssé, sentaron las bases de lo que sucedería más adelante, aunque, según concluye el autor, “se estaba lejos de vislumbrar la fabulosa trayectoria que iba a desplegar esta disciplina en las próximas dos décadas y media” (Payssé, 2015, p. 201).

Los siguientes lustros, correspondiente a finales del siglo XX e inicios del XXI, estuvieron marcados por una Facultad en continua evolución y transformación, con el objetivo de adaptarse a las nuevas condiciones que el paso de los años fue determinando en las diversas áreas que hacen a la vida universitaria.

Así, en diciembre del año 2001, a partir de la inauguración de la primera sala de informática de la facultad se crea el Departamento de Informática (DepInfo) con el arquitecto Marcelo Payssé como director. Menos de una década más adelante, en el año 2009, se crea el Laboratorio de Visualización Digital Avanzada (vidiaLab), dependiente del DepInfo. El laboratorio se plantea como un ámbito de desarrollo e innovación en materia de técnicas de visualización digital avanzada relacionadas con las disciplinas de realidad virtual (RV) y realidad aumentada (RA). Cuatro años después, a partir de la compra del primer router CNC (en inglés: computer numerical control) se crea en el año 2011 un segundo laboratorio dependiente del DepInfo, llamado Laboratorio de Fabricación Digital Montevideo (Fab-Lab MVD). El laboratorio funciona como un centro de investigación y desarrollo en los campos vinculados con el diseño y la arquitectura donde se busca experimentar sobre el registro y materialización de la forma.

En los últimos años, tomando en cuenta la fecha donde se redacta la presente tesis, en el marco de la nueva reestructuración académica docente llevada a cabo por la facultad a partir del 2019, el DepInfo pasa a ser integrante principal del Centro de Integración Digital (CID). El nuevo Centro se define como un ámbito académico que oficia de interfaz entre institutos, carreras y proyectos de la nueva FADU. Además, se conforma como un ámbito para el desarrollo de tareas universitarias de investigación, enseñanza y extensión por medio de la implementación del pensamiento computacional y la utilización de tecnologías digitales para el diseño y su inserción en las dinámicas proyectuales. De la misma forma que el ex DepInfo, el CID administra los laboratorios de investigación y desarrollo vidiaLab y Fab-Lab MVD.

En la actualidad, el Centro de Integración Digital y sus laboratorios viven un proceso de ampliación y consolidación dentro de la estructura de la facultad. A pesar de haber presentado un inicio tardío y que su implementación se haya desarrollado de manera más pausada y menos expandida que otros centros universitarios (según lo planteado por Bonfiglio, 2019), la cada vez mayor unión entre la arquitectura y la digitalidad posiciona a los desarrollos del centro como un elemento fundamental para el futuro de la disciplina. Este aspecto es percibido a partir del aumento en las colaboraciones entre

el CID y diversas áreas, departamentos e institutos de la facultad, aunque según el criterio del autor de la presente tesis, todavía se entiendan como escasas y periféricas.

6.6 De la inmersión inicial al muestreo adecuado

En la investigación cualitativa, según plantean Hernández *et al.* (2010) puede existir una clase definida de unidad de análisis inicial, pero según avanza la indagación se admiten agregar otras unidades o desechar las existentes en favor de una muestra que se adapte mejor a los objetivos del trabajo. Asimismo, continúan los autores, el tamaño de la muestra dentro de este tipo de estrategia metodológica no se suele fijar previamente a la recolección de los datos, sino que se establece un tipo de unidad inicial con un número aproximado de casos y, a medida que avanza el trabajo de campo, suceden fluctuaciones y variaciones hasta obtener la muestra final.

Para la presente tesis, la creación de la unidad de análisis definitiva y el tamaño de la muestra final se conformó como producto del avance de la investigación y de los conocimientos obtenidos en el contexto de estudio. Así, **la inmersión inicial, resultado de un primer contacto con el objeto de estudio, se desarrolló con el objetivo de obtener una serie de apreciaciones para encaminar o redefinir el lugar donde fundar la investigación y poder constituir el caso final.**

De este modo, se desarrollan dos estrategias, por un lado, la **revisión de las entregas** suministradas por los talleres en los diferentes repositorios digitales y, por otro lado, la conformación de una serie de **entrevistas interpersonales** con los diversos actores de los talleres donde se aspira trabajar.

6.6.1 Repositorios Digitales

Una primera aproximación al objeto de estudio se produjo a partir de una serie de consultas específicas en cada una de las páginas webs¹³ de los nueve diferentes talleres que forman la estructura de las cátedras de proyecto dentro de la FADU (UdelaR). Así, para cada uno de los cursos de TFC se examinaron la totalidad de trabajos disponibles como material a ser consultado dentro de cada uno de los portales digitales oficiales. Sin embargo, los repositorios a los que se accedió presentaron diferencias significativas en la información contenida, cuestión que generó la imposibilidad de obtener datos equivalentes en todas las cátedras. De esta forma, se observaron casos como el taller Danza, Martín o Velázquez donde la información volcada en las páginas webs presentaba varias decenas de ejemplos, número que permitió tener una visión extendida del tipo de proyectos presentado por los estudiantes. Por otro lado, talleres como

¹³ Web general de la Cátedra de Proyecto donde se agrupan las diferentes páginas para cada uno de los talleres: <http://www.fadu.edu.uy/deapa/catedras-de-taller/>. Consultada en mayo del 2021.

Articardi, Schelotto o Betolaza presentaban ejemplos completos y detallados, pero en cantidades numéricas más reducidas. Por último, talleres como Apolo, Berio o Comercio no contaban con un apartado referido a ejemplos de proyectos finales de carpeta (dentro de la web oficial de cada taller publicada en la página de la FADU), aspecto que determinó que no se pudiera indagar información oficial referida a dichos talleres.

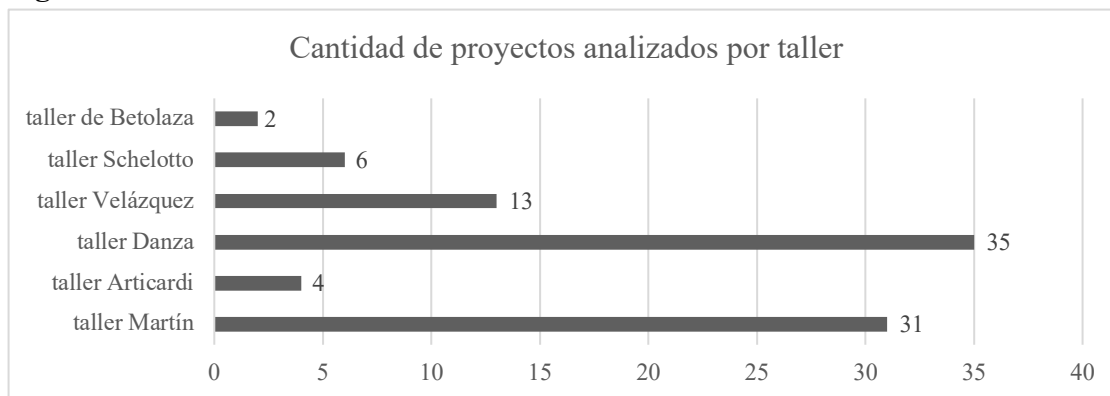
La presente inmersión inicial, producto de un primer acercamiento, tenía como objetivo comenzar a investigar el ámbito más idóneo donde desarrollar el estudio de campo. Sin embargo, para poder cumplir con los objetivos planteados en la tesis era necesario que el análisis de los trabajos se produjese en las diferentes capas de información exhibidas en las entregas (este punto se desarrollará en profundidad en capítulos posteriores). Esto significó que no era posible investigar en profundidad la vinculación entre la arquitectura y la digitalidad (únicamente) a partir de los archivos PDF colgados en los diferentes repositorios, independientemente de la cantidad y calidad de información que contengan. Para ello, era necesario acceder a la totalidad de los documentos que conforman el producto final presentado por los estudiantes (modelo digital e impreso).

No obstante, la información obtenida a partir de una visión preliminar de los trabajos finales permitió observar un estado de situación general e integral acerca de la utilización de los medios digitales en las diferentes fases del proceso de diseño de proyectos de arquitectura en el ámbito del taller dentro de la FADU (UdelaR). El procedimiento con que el autor de la presente tesis llevó a término dicha indagación inicial (tomando en cuenta lo comentado anteriormente sobre la imposibilidad de un análisis en profundidad) se basó en la experiencia como arquitecto, pero además como ex docente de taller, docente e investigador del Centro de Integración Digital y docente de diversos cursos de grado y posgrado durante más de 12 años en relación con el uso de lo digital en arquitectura.

En este sentido, luego de una pesquisa de un total de 91 carpetas de los cursos de TFC a los que se pudo acceder, **se observó una tendencia de los trabajos en favor a una estrategia donde las computadoras eran utilizadas fundamentalmente como un instrumento de dibujo o representación**, configurando las herramientas digitales como una instancia para facilitar la representación gráfica de formas arquitectónicas. De todos modos, a pesar de que la cantidad de proyectos estudiados para cada taller era variable, ver figura 1, (taller Martín: 31 carpetas; taller Articardi: cuatro carpetas; taller Danza: 35 carpetas; taller Velázquez: 13 carpetas; taller Schelotto: seis carpetas, taller de Betolaza: dos carpetas), se advirtió que la relación entre las diversas estrategias digitales adoptada por los estudiantes mantenía una cuota estable a lo largo de los diferentes talleres. Por tanto, a partir de una serie de características gráficas, formales, funcionales, programáticas y proyectuales observadas en las diferentes carpetas, se encontró que entre cero casos a un máximo de menos de dos casos cada diez, del total de los trabajos, (taller Martín: cuatro carpetas; taller Articardi: cero carpetas; taller Danza: cuatro carpetas; taller Velázquez: una carpeta; taller Schelotto: una carpeta;

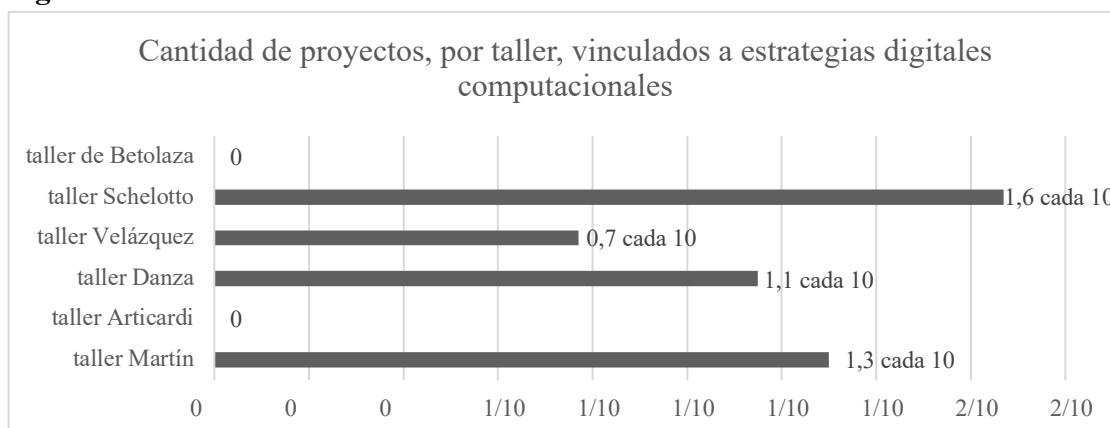
taller de Betolaza: cero carpetas) se podían vincular a desarrollos donde la computadora era concebida como una herramienta significativa en todo el proceso de diseño. Ver figura 2.

Figura 1:



Nota: elaboración propia

Figura 2:



Nota: elaboración propia

6.6.2 Entrevistas interpersonales

Por otro lado, conjuntamente a la primera toma de contacto descrita previamente, y con el objetivo de seguir profundizando la inmersión inicial en la investigación, se procedió a la realización de una serie de **conversaciones interpersonales** bajo una dinámica de preguntas y respuestas no estructuradas con diferentes actores calificados dentro de las variadas cátedras de proyecto. Estos actores estaban representados por docentes responsables de cursos, coordinadores, asesores y ayudantes.

Esta ronda de entrevistas, en la medida que pretendían ser un intercambio breve y directo, buscó cubrir la mayor cantidad de casos posibles resumidos en los diversos docentes de los cursos de TFC. En una primera instancia se pretendió tener acceso a la totalidad de los responsables de cada uno de los nueve cursos de carpeta que existen en

la FADU (UdelaR), pero la imposibilidad de lograr el contacto con varios de ellos generó la búsqueda de, por lo menos, un intercambio con un responsable de curso, coordinador, asesores o ayudantes. El objetivo no era hallar una muestra idéntica para cada una de las cátedras, sino tener un primer nexo con el objeto de estudio.

El grupo de docentes consultados estuvo formado por los arquitectos: Horacio Flora (responsable del curso de TFC del taller Danza); Andrés Nogués (docente de Diseño del curso de TFC del taller De Betolaza); Sergio Barreto (responsable del curso de TFC del taller Comerci); Pablo Inzaurrealde (docente del curso de TFC del taller Schelotto); German Gil (docente del curso de TFC del taller Apolo y del taller Velázquez); Javier Díaz (docente del curso de TFC del taller Martín) y Sofía Gambetta (docente del taller Articardi).

La temática de las entrevistas estuvo ligada a la manera en que se relaciona lo digital y la arquitectura, en referencia al desarrollo de anteproyectos en los cursos de TFC donde cada uno de los docentes consultados pertenecen. En este contexto, con el objetivo de aportar una serie de límites que ayuden a enmarcar las diversas estrategias implementadas, se expusieron dos escenarios contrapuestos donde los entrevistados podían adoptar como punto de partida para la conversación.

1. Las herramientas digitales son utilizadas únicamente como un instrumento para facilitar la representación gráfica de las diversas formas arquitectónicas. En esta coyuntura, la computadora es concebida exclusivamente como una herramienta de dibujo o representación. De ahí su nombre: **estrategias representacionales**. Bajo este método, la forma de trabajo responde a una lógica visual y formal, característica de las técnicas tradicionales del uso del papel, donde la comunicación entre el diseñador y el instrumento digital se produce a través de diversos paquetes de software CAD (en español: diseño asistido por computadora) que permiten la representación de formas geométricas mediante un número determinado de comandos tipos. Pese a que cada acción que se realiza dentro de estos instrumentos digitales implica un proceso de cálculo digital a nivel interno del software, estos procesos, comenta Arteta (2017, p. 3), permanecen ocultos al arquitecto, “cuya función se limita al control y manipulación de las formas resultantes”.
2. Las herramientas digitales son utilizadas, además de como un instrumento de representación, como una herramienta de trabajo que permite al arquitecto involucrarse directamente en el diseño de algoritmos y lenguajes computacionales. Bajo este método se implementa una diferente manera de vincular la arquitectura con lo digital (en referencia a la estrategia representacional), donde pasa de ser, según palabras de Arteta (2017, p. 5) “una mera herramienta auxiliar a convertirse en un auténtico compañero de trabajo”. Para que la comunicación entre el diseñador y la máquina se desarrolle activamente

es necesario que los mensajes se expresen en un mismo idioma. De esta manera, el algoritmo se conforma como lenguaje común para codificar y decodificar los mensajes, estableciéndose como “el mediador entre la mente humana y la capacidad de procesamiento del computador” (Terzidis, 2006, citado por Arteta, p. 5). En consecuencia, el diseño de algoritmos se establece como la tarea fundamental de las estrategias proyectuales vinculadas a la programación y la computación, de ahí su nombre: **estrategias algorítmicas**. Sin embargo, existen diversas formas de utilizar o programar los algoritmos en el diseño arquitectónico, donde se distinguen diversas estrategias según el grado de involucramiento, siendo las principales los métodos paramétricos mediante el uso del software Revit o ArchiCAD.

La conformación de los dos escenarios buscó ser un reflejo de los límites observados durante la indagación en los diversos repositorios digitales comentados en el punto anterior, no buscando ser un marco excluyente de otras posibles estrategias digitales existentes en el ámbito del proyecto de arquitectura. De esta manera, se alentó a los docentes a especificar la existencia de otras vinculaciones (según su experiencia) entre la arquitectura y la digitalidad.

Por otro lado, es importante aclarar que el uso de un software determinado no implica necesariamente un tipo de estrategia digital particular. De este modo, por más que un trabajo de arquitectura esté desarrollado en Revit o ArchiCAD no implica que su modelo digital tenga las características que lo posicionan dentro de una estrategia paramétrica de trabajo. Sin embargo, a la hora de conformar la presente inmersión inicial, conocer el software donde se desarrolla el proyecto es un indicativo de trascendencia para enmarcar una posible estrategia de trabajo.

Un primer dato arrojado de las entrevistas refirió a las **características** del conocimiento, de parte de los docentes, sobre las diversas posibilidades dadas por las herramientas digitales. Del total de docentes abordados en esta etapa, un número significativo entendía la digitalidad como la construcción de representaciones gráficas estáticas por medio de computadoras, en consecuencia, vinculadas con las fases de representación del objeto. Así, la posibilidad de las herramientas informáticas para recopilar, producir, procesar e intercambiar información, con el objetivo de proporcionar los insumos necesarios de los procesos de evaluación, generación y también de la representación, no estaban entendidas como estrategias de abordaje para el diseño arquitectónico.

En esta coyuntura, la prevalencia de métodos netamente representacionales, basados en el uso de herramientas para automatizar los dibujos de producción y representación se configuró como la opción más extendida. De este modo, se observó cómo en el taller **De Betolaza** (el pasado año 2020), según comentó el arquitecto Nogués, de cada 10 trabajos, nueve fueron desarrollados haciendo uso de las herramientas informáticas como un instrumento de representación (ver figura 3). El caso restante se podría

vincular, según palabras del docente, a la utilización de sistemas computacionales a través del uso del software, principalmente Revit.

De manera similar, dentro del taller **Schelotto**, reflexiona el arquitecto Inzaurrealde, los trabajos formulados durante el año 2020 que hicieron uso de las herramientas digitales avanzadas, como el caso del software Revit o ArchiCAD, no sobrepasaron las cuatro carpetas de un total de 50 (ver figura 3). Sin embargo, a pesar de ser un número muy pequeño dentro de toda la grilla del taller, según comentó el docente, el año 2020 y su relación con la virtualidad (a partir de la imposibilidad de asistir a las clases presenciales a causa de la pandemia del COVID) impulsó este tipo de prácticas, generando un crecimiento palpable en el nuevo curso 2021.

En el taller **Danza** el arquitecto Flora comentó que de los 60 estudiantes del curso de TFC del año 2020, únicamente 20 de ellos comenzaron a trabajar con herramientas computacionales, fundamentalmente Revit (ver figura 3). Sin embargo, en el trayecto del curso, varios de esos estudiantes fueron abandonando dichas herramientas digitales en favor de los sistemas tradicionales de dibujo computarizado (principalmente AutoCAD). Al finalizar el curso, únicamente dos estudiantes terminaron vinculando sus proyectos con estrategias digitales enmarcadas en una clara estrategia paramétrica. Las razones de este proceso, según expresó Flora, pueden estar vinculadas a que muchos de los estudiantes actuales de carpeta pertenecen a una generación que se formó con el AutoCAD como herramienta de cabecera a la hora de vincular la arquitectura y lo digital.

Igualmente, el arquitecto Díaz, docente del taller **Martín**, planteó que en los últimos años el número de estudiantes que han utilizado las herramientas digitales por fuera de las tradicionales ha ido en aumento, pasando de una carpeta cada diez estudiantes (aproximadamente), durante el año 2020, a más de tres carpetas cada 10 estudiantes en el año 2021 (ver figura 3). Igualmente, en la misma línea del planteo del arquitecto Flora (taller Danza), la cantidad de estudiantes que inician su proyecto con herramientas digitales computacionales disminuye a medida que avanza la carpeta.

Análogamente, según palabras de la docente ayudante del taller **Articardi**, la arquitecta Sofía Gambetta, dentro del subgrupo de seis estudiantes donde trabajó durante el año 2020, únicamente una carpeta se podría vincular a estrategias digitales que escapan de lo representacional (ver figura 3). Sin embargo, en igual medida a lo planteado por otros talleres, la profundidad del modelo digital se terminó vinculando de manera más directa a lógicas de trabajo típicamente representacionales que a métodos integrales de trabajo digital. Así, los documentos digitales generados no se alejaban tanto, en cuanto a su estructura, de los producidos por sistemas digitales tradicionales.

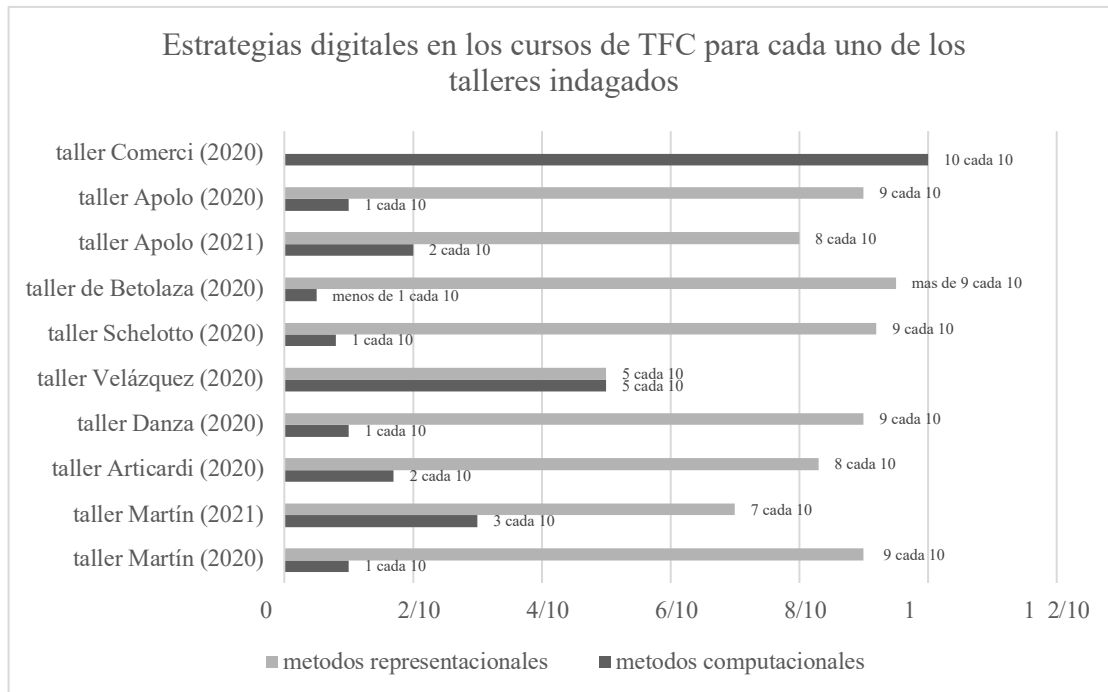
Por otro lado, en el caso de los talleres **Apolo** y **Velázquez**, el arquitecto Omar Gil nos proporcionó la información solicitada en la entrevista en base a los resultados de una

serie de consultas realizadas a los propios estudiantes del curso, específicamente sobre el software utilizado para trabajar dentro del TFC (ver figura 3). Según lo comentado anteriormente, no se puede establecer una relación directa entre el uso de un software específico y la estrategia digital empleada, sin embargo, las posibilidades proporcionadas por herramientas informáticas como Revit o ArchiCAD permiten un acercamiento a metodologías de trabajo paramétricas que sería muy difícil o imposible de realizar mediante un tipo de software representacional como el AutoCAD. De esta manera, los resultados proporcionados por Gil, para el caso del taller **Apolo**, arrojó que de los 39 estudiantes del curso del primer semestre del 2021 (en base a la respuesta de 20 estudiantes), cuatro de ellos utilizaron el software Revit como estrategia de trabajo digital. Si nos movemos a años anteriores, los datos proporcionados por el docente nos muestran que el número de trabajos realizados mediante el software Revit pasa de una carpeta, en base a la respuesta de diez estudiantes en el año 2020, a ninguna carpeta en base a un total de 14 respuestas para el año 2019.

Por otra parte, en el ejemplo del taller **Velázquez**, los datos suministrados por el arquitecto Gil presentaron algunas variaciones con respecto al taller Apolo. Se observó que, en el año lectivo 2020, de los 20 estudiantes que respondieron a los planteos del docente (en este caso, el total de los estudiantes contestaron), diez fueron realizados mediante el uso de Revit. Sin embargo, un dato que se advirtió es que de los diez estudiantes que utilizaron Revit, ocho también utilizaron AutoCAD como herramienta digital del trabajo. El resultado de dicha interacción de herramientas no es el objetivo de la presente tesis, pero se entiende como una interesante línea de trabajo para futuras investigaciones.

Por último, contrariamente a lo observado hasta este momento, se contempló un caso particular: el curso de TFC del taller **Comerci** a cargo del arquitecto Sergio Barreto. A diferencia del resto de los ocho talleres indagados, la estrategia digital planteada por el taller se podría ubicar, para la totalidad de las entregas del curso, dentro de una lógica algorítmica, donde lo digital pasa de ser una herramienta auxiliar a ser un instrumento integral del trabajo (ver figura 3). Las particularidades observadas en este curso, que surge de las conversaciones con el arquitecto Barreto, están vinculadas a la forma de abordar la problemática arquitectónica, en referencia a la arquitectura y la digitalidad, diferente del resto de los talleres, donde sí existen vinculaciones a lo digital desde lógicas computacionales (según se observó anteriormente), pero en la mayoría de los casos son escasas, aisladas y desvinculadas entre sí. De esta manera, la propuesta impulsada por el TFC del taller Comerci buscó contemplar, según comenta Barreto, los aspectos de la digitalidad en el proyecto de arquitectura desde el propio planteamiento del curso, impulsado por el equipo docente hacia los estudiantes y no desde los estudiantes al equipo docente.

Figura 3:



Nota: el gráfico es un resumen (no pretende ser una comparación), elaborado a partir de la información proporcionada por cada uno de los diferentes docentes indagados, sobre la relación entre las estrategias digitales implementadas en cada uno de los cursos de TFC durante los años 2020 y 2021. En el caso de algunos talleres que se obtuvieron datos de más de un año, aspecto que determinó su diferenciación en la presente gráfica. Elaboración propia.

6.6.3 El caso del Taller Comerci

El conjunto de observaciones desarrolladas hasta este momento, fundadas a partir de una serie de indagaciones sobre las publicaciones en los diferentes repositorios webs de los cursos de TFC y de una sucesión de conversaciones con actores calificados para cada uno de los diferentes talleres; advirtieron dos consideraciones principales. Por un lado, se observó que las estrategias de diseño digital elegidas por los estudiantes se podrían encasillar, casi exclusivamente, dentro de una lógica representacional, donde las computadoras fueron utilizadas como instrumento de dibujo o representación, relegando las estrategias computacionales a casos particulares y en un número reducido de proyectos (a excepción del curso del taller Comerci). Por otro lado, se observó que del total de proyectos que hacían uso de las estrategias digitales computacionales (entre menos de una por cada diez a casi cinco por cada diez entregas totales según el año y el taller), una porción significativa de estudiantes las realizaba bajo lógicas representacional, independientemente de estar desarrollado por un software que posibilitan otras estrategias digitales, como el caso de Revit o ArchiCAD.

Un ejemplo de este último punto se pudo constatar durante alguna de las entrevistas donde diversos docentes solicitaron desarrollar, al autor de la presente tesis, una serie

de charlas dentro de los cursos de taller con el propósito de exponer las variadas posibilidades de los sistemas digitales en la arquitectura. El objetivo planteado por los docentes de TFC no buscaba centrar la exposición únicamente a los estudiantes que desarrollaban sus proyectos mediante sistemas digitales vinculados a lógicas tradicionales (intentando que conozcan otros métodos de trabajo), sino también al grupo de estudiantes que habían incursionado en estrategias digitales desvinculadas de las tradicionales lógicas representacionales. De esta manera, se observa como existe un interés por parte de los responsables de los cursos en potenciar esta forma de trabajo, pero además una falta de experiencia sobre la manera de guiar a los estudiantes en referencia a las nuevas estrategias digitales surgidas en los cursos. A pesar de que la presente observación no fue algo global, si se constató en la mayoría de los casos.

En consecuencia, se observó como la falta de un apuntalamiento, entendimiento y seguimiento de las iniciativas de los estudiantes en relación con las estrategias digitales generó que su aplicación, aún dentro de lógicas proyectuales computacionales, sea utilizada principalmente como herramienta de representación, de la misma manera que el dibujo en papel, no aportando ninguna información con respecto a sus intenciones o funcionamiento. Así, los métodos algorítmicos de trabajo son reducidos, de la misma manera que los representacionales, a ser instrumentos operativos para expresar la forma arquitectónica.

Todo diseño que haga uso de una computadora, hoy en día la totalidad de las entregas de los estudiantes de TFC en la FADU (UdelaR), se puede considerar arquitectura digital. Sin embargo, el uso de una computadora o un determinado software no implica necesariamente la gestación de una arquitectura computacional, por lo tanto, para que dicha relación se establezca, es necesario contemplar durante el proceso de diseño algún tipo de estrategia sobre cómo relacionar la arquitectura y digitalidad (Arteta, 2017).

Para autores como Terzidis (2006) las estrategias basadas únicamente en aspectos representacionales se conforman como una aproximación superficial al ámbito de lo digital, donde el diseñador no llega a ser consciente de los procesos computacionales y algorítmicos intrínsecos al proceso de diseño. Según el autor, lo que muchas veces los arquitectos entienden como diseño digital (automatización, mecanización, digitalización de objetos predeterminados, etc.) es únicamente una mera *Computerization* (informatización en español). Lo que verdaderamente es importante dentro de la arquitectura digital, establece Terzidis (2006), es la *Computation* (computación en español), en la medida que busca determinar algo por medio de métodos matemáticos o lógicos, con el objetivo de emular o extender el intelecto humano.

En este contexto, donde en todos los talleres indagados, menos uno, las computadoras se utilizan en su gran mayoría como un instrumento de

representación; sumado a que los trabajos que vinculan lo digital a la arquitectura desde una perspectiva computacional se desarrollan principalmente desde una iniciativa estudiantil (desarticulados de los planteos del curso), el abordaje de la investigación busca ejecutarse a partir del único caso observado donde la estrategia digital se desarrolla desde la propia conformación del curso, implementado desde el equipo docente hacia los estudiantes y no a la inversa.

Por lo tanto, la selección queda definida por el caso más apropiado para el presente estudio, en la medida que vincular el trabajo en alguno de los talleres donde la estrategia digital se basa mayoritariamente en lógicas tradicionales de dibujo implica que las respuestas a los planteos de investigación (indagar sobre las estrategias de producción digital en el proyecto) se conforman vacías. Las razones se encuentran en que para algunos autores (entre los cuales el investigador de la presente tesis adhiere), las estrategias representacionales son las más extendidas en el ámbito de la arquitectura, pero determinan un acercamiento puramente superficial al mundo de lo digital (llegando a considerarse como no-digitales), donde el diseñador nunca es realmente consciente de las relaciones computacionales inherentes en el proceso de diseño (Arteta, 2017).

De esta manera, a partir de la presente investigación preliminar, el enfoque metodológico del estudio de caso, según se comentó en el capítulo de metodología, se organizó a partir del interés en un caso particular y diferente a los demás (estudio de caso intrínseco). Además, según la particularidad del taller Comerci en relación con la estrategia digital, se definió como un caso atípico (Stake, 1994). Estos casos presentan características particulares que los hacen diferentes a los demás y su interés radica en dicho punto. No se pretendió, como sí sucedió en un primer momento de la investigación, comprender un problema más grande a partir de un caso particular, sino que el interés quedó centrado en abordar las estrategias de producción digital en las etapas del proceso de diseño de proyectos de arquitectura en el ámbito del taller, específicamente en el curso de TFC del Taller Comerci en el año 2018 y 2019, a partir del único caso donde se pudo constatar la implementación de una estrategia digital computacional y desvinculada de los métodos tradicionales de dibujo.

Como consideración final es necesario aclarar que, en la búsqueda de la unidad de análisis definitiva (la cual decantó realizar el trabajo dentro del taller Comerci), no se tomaron en cuenta aspectos vinculados a la calidad programática de los diferentes cursos o sus propuestas; como tampoco a la calidad de los diseños arquitectónicos, proyectuales, gráficos o edicios. La elección final estuvo motivada por aspectos vinculados exclusivamente a los planteados en los objetivos de la tesis.

La vinculación entre la arquitectura y la digitalidad no necesariamente le imprime una mejora en la calidad arquitectónica del proyecto, en la medida que no existe una vinculación entre ambos puntos en relación con una mejora en el diseño. Las estrategias digitales para la conformación de proyectos, en relación con métodos computacionales

de trabajo, permite otra manera de pensar la arquitectura, donde los aspectos de calidad proyectual se encuentran por fuera de la problemática planteada en el presente trabajo.

6.7 Análisis del objeto de estudio – El estudio de caso

Una vez concluidas las delimitaciones del objeto de estudio a partir de la inmersión inicial, donde se definió la unidad de análisis definitiva y el tamaño de la muestra final, se procedió a la obtención de la información necesaria para indagar en el problema de investigación, según los propósitos establecidos en la tesis.

Darles sentido a los datos obtenidos en el estudio se conforma como uno de los hitos más importantes del proceso investigativo, independientemente de la metodología utilizada y los instrumentos de recolección. Así, para la presente tesis, constituir de sentido la información obtenida significó analizar las relaciones entre los datos de las entrevistas en profundidad y el análisis documental hasta llegar a una proposición coherente según unas categorías de análisis. En conclusión, los resultados de los datos se fueron categorizando con el objetivo de convertirse en información relevante según los cometidos propuestos.

De esta manera, para lograr dichos objetivos, se estableció una planificación en etapas, donde primero se desarrollaron una serie de **entrevistas en profundidad** (fase 1) a los estudiantes dentro del objeto de estudio y luego una técnica de **investigación documental** (fase 2) a los trabajos finales presentados por dichos estudiantes.

6.7.1 FASE 1 – Entrevistas en profundidad

En esta etapa se realizó un conjunto de seis entrevistas en profundidad dirigida a un grupo de estudiantes del curso de TFC del taller Comerci perteneciente al año lectivo 2018 y 2019 (tres casos para el año 2018 y tres para el año 2019). Ver figuras a continuación (de la figura 4 a la 8).

Figura 4:



Nota: captura de pantalla de la entrevista desarrollada a la arquitecta DN (izquierda), perteneciente al año lectivo 2018, desarrollada durante mayo del 2021.

Figura 5:



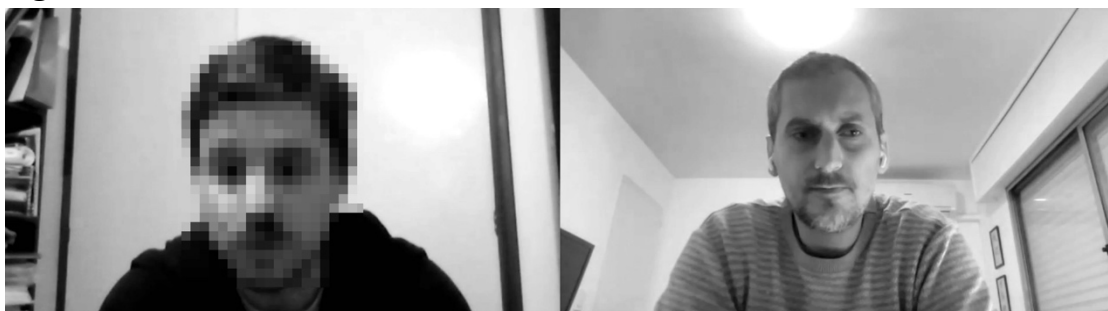
Nota: captura de pantalla de la entrevista desarrollada a la arquitecta NL (izquierda), perteneciente al año lectivo 2018, desarrollada durante mayo del 2021.

Figura 6:



Nota: captura de pantalla de la entrevista desarrollada al arquitecto DC (izquierda), perteneciente al año lectivo 2019, desarrollada durante junio del 2021.

Figura 7:



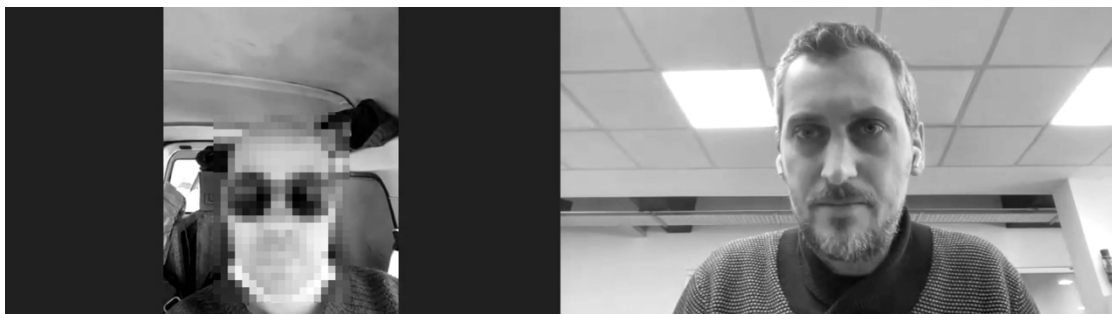
Nota: captura de pantalla de la entrevista desarrollada al arquitecto AE (izquierda), perteneciente al año lectivo 2019, desarrollada durante junio del 2021.

Figura 8:



Nota: captura de pantalla de la entrevista desarrollada al arquitecto JT (izquierda), perteneciente al año lectivo 2019, desarrollada durante julio del 2021.

Figura 9:



Nota: captura de pantalla de la entrevista desarrollada al arquitecto FS (izquierda), perteneciente al año lectivo 2018, desarrollada durante julio del 2021.

El proceso para llevar a cabo las entrevistas respondió a las condiciones establecidas en el apartado de metodología. Así, se desarrollaron una serie de encuentros cara a cara (mediante videollamadas) dirigidos hacia el entendimiento de las perspectivas de los estudiantes, dentro del estudio de caso del taller Comerci, respecto a sus experiencias personales en referencia a la implementación de las estrategias digitales dentro de las carpetas entregadas como trabajo final del curso de TFC.

Sin embargo, a pesar de que las entrevistas buscaron una forma de conversación entre iguales, fomentando un intercambio no estructurado, se desarrolló una guía de preguntas base con que el investigador buscó mantener el diálogo dentro de la temática propuesta en la tesis. Dichas preguntas no fueron entregadas a los estudiantes, simplemente sirvieron como un guion de fondo para encaminar la conversación y poder cubrir, en un tiempo acotado, los diversos puntos de interés.

Tal como se comentó previamente, el investigador fue consciente de las limitaciones establecidas en las entrevistas, donde la información extraída no es idéntica a la vertida por el entrevistado, en la medida que el trabajo de extracción supone un proceso exhaustivo de análisis e interpretación por parte del entrevistador (Guevara, 2013).

Luego del proceso de extracción se conformó la etapa de **interpretación** de los datos. Como las entrevistas se produjeron mediante una serie de videollamadas, al estar

presente las restricciones producto del COVID 19, estas pudieron ser grabadas no solo en audio, sino también en video. Esta última forma de registro sirvió de apoyo a los datos proporcionados del entrevistado, ya que el lenguaje corporal facilita otro tipo de información más allá de las palabras.

El producto de dicho intercambio se transcribió completamente en un archivo de texto y sirvió como el original de trabajo. Posteriormente se pasó a una etapa de organización de las respuestas y eliminación de datos innecesarios para lograr un producto manejable y poder seleccionar las respuestas según los intereses planteados en la investigación.

Este segundo documento, depurado, presentó una pauta de codificación, en la medida que se asignó un conjunto de código numérico y de colores según el nombre del entrevistado y el tema tratado (conforme a las preguntas base planteadas por el investigador). Además, en este punto se desarrollaron los primeros comentarios del tesista en referencia a los diversos contenidos de cada respuesta.

Por último, se conformó un tercer documento (que será expuesto en el siguiente título), donde se agruparon los diferentes temas surgidos en las conversaciones, según un criterio del propio investigador, y se realizó el análisis general a partir de las experiencias expuestas por los seis entrevistados.

6.7.1.1 Resultados y valoraciones de las entrevistas

Debido a la extensión presentada por cada una de las conversaciones, se seleccionaron los párrafos más significativos, en referencia al problema de investigación, para incluir en el siguiente capítulo.

Antes de comenzar con los resultados de las conversaciones y su valoración, es importante aclarar una serie de aspectos vinculados a la ambigüedad en el manejo del concepto BIM abordado por los entrevistados. La dificultad de tratar el significado del BIM refiere a su complejidad, en la medida que es, a su vez, una herramienta, un proceso, un sistema y también una actividad. BIM es el acrónimo de *Building Information Modeling* (en español: modelado de información de construcción), pero también se lo define como *Building Information Management* porque presenta vinculaciones con la gestión de la información y no solo con el modelado. Se observa, en consecuencia, como la definición de BIM mezcla en varios planos de trabajo diferentes factores involucrados, no pudiendo separar e identificar el BIM con uno solo de ellos. De esta manera, muchas veces se confunde el concepto múltiple del BIM con un programa de computadora determinado (Revit, ArchiCAD y AllPlan son software donde el sistema BIM puede aplicarse). No necesariamente trabajar con un software paramétrico, como es el Revit, implica trabajar bajo una metodología BIM, pero si es

parte fundamental, en la medida que el software permite conformar las diferentes dimensiones del BIM (desde la ideación, el modelado, el coste, hasta el ciclo de vida).

Una vez concluidas las etapas de transcripción, organización y codificación de las entrevistas, se dio paso al **planteamiento de los resultados y sus valoraciones**. Para su conformación, se buscaron similitudes o acercamientos en los diferentes comentarios de los universitarios, sin descartar las variedades o diferencias, con el objetivo de clasificarlos. De esta manera, a cada uno de los entrevistados se les proporcionó la libertad para ahondar sobre cualquiera de las temáticas planteadas, además de poder derivar sobre otras áreas de interés. Es importante aclarar que no se descartaron los sectores de la conversación que estuvieron por fuera de los lineamientos generales del intercambio, sino que se buscó integrarlos.

En este contexto, se advirtieron tres grandes temáticas a lo largo de las seis conversaciones: **(a) la vinculación con el taller Comerci y la experiencia previa en el manejo de herramientas informáticas; (b) la creación del modelo digital, con sus características, particularidades y vinculaciones; (c) la estrategia digital implementada y su incidencia dentro del proyecto desarrollado.**

En referencia al primero de los temas (la vinculación con el taller Comerci y la experiencia previa en el manejo de herramientas informáticas) se observaron cuatro grupos de subtemas: **(a1) vinculaciones con diferentes herramientas BIM previo al curso de TFC; (a2) uso de las herramientas BIM como incentivo para ingresar al taller; (a3) el apoyo del equipo docente sobre el manejo de lo digital; y (a4) la relación con las herramientas BIM en la actualidad.**

A su vez, sobre las **(a1) vinculaciones que cada uno de los entrevistados había tenido (hasta el momento de cursar TFC) con las diferentes herramientas BIM,** se notaron dos realidades que, a pesar de ser opuestas, mantenían ciertas relaciones. Por un lado, los estudiantes que manejaron diversas herramientas vinculadas a lógicas BIM y, por otro lado, los que presentaron su primera experiencia por fuera de las tradicionales herramientas digitales.

En el primer grupo (que hicieron uso las herramientas digitales BIM), uno de los entrevistados declaró: *(FS_a1) Mi contacto con el BIM vino de los primeros años de la facultad, alrededor del año 2006. [...] En el primer año de la carrera mi profesora de dibujo del liceo me dio un curso de AutoCAD. Lo hizo porque le rompí la paciencia de tanto pedirle, pero como no tenía ningún papel (diploma) que acredite lo que sabía, se hacía muy complicado poder insertarme en el mercado laboral. Por esa razón me anoté en una academia (BIOS) para hacer un curso. Dentro de la planilla de programas que enseñaban estaba el Revit. Así fue como conocí y me enamoré de esta herramienta. [...] Te podría decir que casi toda la facultad la hice con herramientas BIM, desde el año 2008 a la carpeta del 2019.*

Continuando dentro de este primer conjunto, se pudieron comprobar diferentes grados de profundidad en el manejo de la herramienta, a pesar de entrar englobados dentro de una misma categoría. Por ejemplo, otro estudiante mencionó: **(NL_a1)** *Mi primera experiencia con esta herramienta es previa al curso de TFC del 2018. En el año 2016 hice mi primer curso de Revit junto a mi actual compañera de taller. Eso me llevó a usar el Revit una vez terminado el curso, pero no en la clase en sí, porque ahí no se hablaba de los programas (menos del BIM), sino en el desarrollo de mi proyecto y entrega.*

Para el entrevistado, según lo comentado previamente, la forma inicial de implementar el software se alejó de lo desarrollado en el curso de TFC (y de una estrategia BIM), pero presentó una serie de particularidades que decantaron en su uso: **(NL_a1)** *La forma de implementarlo durante esa primera experiencia fue muy particular. Como mi compañera de ese momento no usaba el programa, yo, usando el Revit, armaba todo el modelo y sacaba las láminas. Con esa información, mi compañera la pasaba a otros programas (como Corel o Illustrator) y les incorporaba textos, colores, sombras, etc. Lo que no existió en ese momento, en referencia a la herramienta, fue el intercambio con el profesor. No le llevaba el modelo y se lo mostraba. Lo que hacía era obtener las láminas de lo que le queríamos mostrar y se las llevábamos de la misma manera que lo hacíamos cuando trabajamos en AutoCAD.*

En esta misma línea, otro de los estudiantes señaló: **(DC_a1)** *Mi primera aproximación al Revit es a partir de un curso que en el año 2018 se daba en el DepInfo (Departamento de Informática aplicada al diseño). Siempre me había manejado con el AutoCAD y con alguna otra herramienta de renderizado, de dibujo como Photoshop y poca cosa más. Mi mundo estaba limitado a eso.*

Finalizando, el último de los entrevistados declaró: **(DN_a1)** *Nosotras, con mis amigas, ya veníamos practicando con Revit en otros cursos, pero no en profundidad. Yo sí sabía usar un poco el programa, pero igual aprendes de todo un poco al tener que usarlo constantemente y presentarse mil problemas que tienes que resolver. Sólo sabía usar un poco los módulos de estructura y arquitectura, pero me di cuenta durante el transcurso del proyecto que sabía muy poco.*

Por otro lado, dentro del segundo grupo (referido a los estudiantes que no presentaron experiencias previas) también se pudieron constatar diferentes clases de perfiles. Así, uno de ellos comentó: **(AE_a1)** *Solo escuché hablar del BIM por trabajo. Un día, conversando con un colega sobre una obra me dijo: esta obra está despegada, la tienen toda estudiada en un programa. Me acuerdo clarito de que me dijo: “si quieren hacer un pase en una losa o en una viga, el sistema me avisa si puedo o no”. Le dije: pará..., ¿dónde estás trabajando? A partir de ahí empecé a investigar un poco y conocí el BIM, Revit, ArchiCAD. Pero jamás me imaginé que iba a terminar trabajando con ellos.*

Otra de las características reseñables proporcionada por el universitario se refirió a la lógica tradicional de trabajo dentro de los talleres de arquitectura: **(AE_a1)** *En los otros talleres que estuve en otros años nunca escuché hablar de estos programas y nunca tuve un compañero que trabajara con ellos. Siempre trabajamos a la vieja guardia del CAD, imprimir*

algo en sulfito y las clásicas seis láminas que tienes que entregar, matándote en Corel y Photoshop para poder entregarlas con una estética que les guste a los docentes. Era la lógica de toda la vida en la facultad. Yo arranqué la facultad en el 2005 y siempre venía avanzando en esa lógica. De 13 años de carrera, en 12 hice lo mismo. Sólo en un año hice algo distinto. Si hubiese agarrado a Sergio en los cursos de Ante-2 o Ante-3, hubiese tenido otra velocidad, otra capacidad, otra expresión de proyecto y, sobre todo, otros proyectos. Por lo menos me tocó al final y pude ver otra cosa. Hay gente que entra con CAD y sale con CAD.

Con un perfil similar, el último de los entrevistados comentó: **(JT_a1)** *Yo desconocía la herramienta. Siempre usé AutoCAD y SketchUp, pero de manera básica. Nunca había saltado a la herramienta del BIM, si la conocía de nombre. Me pareció algo que estaría bueno conocer. Sin embargo, era algo arriesgado ponerse a hacer la tesis de grado sin tener idea del manejo del programa donde desarrollar el trabajo final. Ahí dije “pahhh, ¿cómo será?”. Pero arranqué, aun sin siquiera saber como abrir el programa.*

Como se pudo observar, el planteo de los seis estudiantes en referencia a este primer punto presentó dispares aproximaciones. No todos los entrevistados con los que se habló manejaban la herramienta previamente, y dentro de los que la manejaban, existieron matices. Sin embargo, como se podrá observar más adelante, este aspecto no fue una condicionante para el desempeño global dentro del propio curso (en referencia a la implementación del BIM dentro del proyecto de arquitectura). Por el contrario, se advirtió cómo el estudiante que presentó más experiencia en el uso de la herramienta digital fue el que menos vinculaciones referidas al BIM realizó.

El siguiente punto, surgido a partir de las conversaciones, aludió al **(a2) uso de las herramientas BIM como incentivo para ingresar al taller**. Al igual que en la fase anterior, se conformaron dos grandes perfiles, por un lado, aquellos estudiantes que ingresaron al taller motivados por la propuesta digital y, por otro lado, aquellos estudiantes que su relación con el curso se debió a temas ajenos a lo digital.

Dentro del primer grupo, uno de los entrevistados comentó: **(DN_a2)** *Todo empezó cuando una ex compañera de taller fue a la charla de inicio del curso y me dijo que iban a usar Revit. Nosotras ya veníamos practicando con Revit en otros cursos, pero no en profundidad. El desafío de poder ahondar sobre estas herramientas fue uno de los aspectos que hicieron decantar por el taller Comerci, pero no nos imaginamos que íbamos a profundizar tanto en varios de los aspectos del BIM. [...] En esa época, no se ahora, era el único taller que trabajaba con Revit y queríamos aprender mejor sobre el manejo del programa.*

Otra de las respuestas, en la misma línea que la anterior, planteó: **(NL_a2)** *Una vez que terminamos los cursos de anteproyecto, con mi compañera comenzamos a fijarnos qué taller poder elegir para hacer la carpeta final. Eso nos llevó a asistir a varias de las charlas que dan los diferentes talleres y ahí, en una de ellas, conocimos a Sergio Barreto (docente del taller Comerci). Nos comentó que la idea del curso de TFC de su taller era hacerlo a partir de BIM, específicamente usando la herramienta Revit. Con eso, mi compañera y yo dijimos: vamos acá.*

Fue así porque queríamos usar eso que habíamos aprendido pero que no habíamos aplicado en profundidad en los otros talleres. Esa fue la principal razón de porque nos anotamos ahí.

Por último, **(JT_a2)** señaló: *Cuando llegó el momento de elegir la carpeta me puse a evaluar para ver si seguía en el taller Schelotto o si buscaba alguna otra alternativa. En ese momento me enteré de que en el taller Comerci estaba como docente encargado de TFC el arquitecto Sergio Barreto. Yo lo conocía por el curso “seminario inicial” que hice en Salto cuando arranqué la carrera. Sabía que él usaba este tipo de herramientas que yo conocía de nombre, pero desconocía su uso. Este punto de las herramientas digitales me llamó la atención, porque al mismo tiempo que desarrollabas la carpeta de grado podías incorporar conocimientos sobre la manera de trabajar vinculada a lo digital, que en otras instancias de taller yo no lo había tenido. [...] Me pareció algo que estaría bueno conocer.*

A pesar de haber englobado las respuestas de algunos entrevistados como parte del conjunto de estudiantes que ingresaron al taller por la propuesta digital, es importante observar algunos matices dentro de dicho grupo. En este sentido, uno de ellos comentó: **(AE_a2)** *Yo venía de hacer dos años de carpeta en otro taller, pero lo había abandonado porque no me daban ni los tiempos ni los recursos para poder presentar los volúmenes de información que pedían los docentes. Por más que dibujara en CAD todo el día (además, yo no era ningún experto) los tiempos se me iban alargando muchísimo. Nunca llegaba a dibujar la cantidad de planos que necesitaba y eso generó que me ahogara y me ahogara permanentemente. [...] Entre lo que tenía y lo que quería no lograba un equilibrio. A partir de ahí dije, este año voy a ir a todas las charlas de taller para ver donde hago carpeta. Me hice los tiempos, falté al laburo y fui viendo que me proponían todas las opciones. Cuando me topé con Comerci no tenía ninguna referencia, nunca había hecho taller ahí y no conocía ningún amigo que haya cursado. Pero cuando entré y me dijeron que el curso era de mañana y estaba formado por un grupo chico, me atrapó. En principio por la profundización que iba tener con el docente, yo venía de grupos muy masivos, con pocos contactos con los profesores, como el taller Pintos y Berio. [...] Pero lo que me hizo meterme definitivamente en el taller fue cuando vino Sergio y nos dio la charla de presentación sobre lo que era el programa y lo que se pretendía para el curso. Él dijo estas palabras: “vamos a usar un solo programa y ese programa nos va a dar todo”. Yo me decía: tengo un programa mágico donde voy a poder no sólo dibujar y representar, como el SketchUp (donde te puede quedar divino, pero es solamente un dibujo), sino también sacar la información de la sanitaria, la eléctrica, la estructura, sacar las láminas y mucho más. Y dije: WOW, acá hay algo diferente.*

En una situación semejante, otro de los universitarios declaró: **(DC_a2)** *Cuando tuve que optar entre los diferentes talleres para ver donde hacer el curso de carpeta, luego de ver y comparar varias opciones, me topé con la propuesta de Sergio. Yo ya lo había tenido como docente en otros años y sabía que es un bicho informático. Entre todas las opciones que vi, la de Sergio venía a plantear algo que en ningún taller existía: entregar un modelo digital que pudiera ser auditable. El conocer previamente la herramienta digital me ayudó a tomar una decisión, pero la decisión vino, más que nada, por la propuesta de Sergio. Él era un docente que exigía el manejo de lo digital, pero su curso final de carrera no era una clase de informática. El perfil que él nos planteaba de la herramienta era el de un elemento que estuviera al servicio de la necesidad de tener que elaborar un proyecto. Así planteado parece*

sencillo, pero tiene un montón de desafíos. Como método de aprendizaje me parece muy interesante, porque la necesidad de tener un plazo de entrega y al mismo tiempo tener que aprender las herramientas es una doble exigencia.

En los últimos dos casos, según se observó previamente, la propuesta digital se entendió como un incentivo para el ingreso al curso de TFC. De esta manera, el interés de estos estudiantes se identificó, por un lado, en agilizar el proceso de proyecto dentro del curso (siendo el factor tiempo y volumen el aspecto principal) y, por otro lado, en entender el instrumento de trabajo digital como un proceso y no como un fin. En ambos casos, el conocer específicamente la herramienta pasa a un segundo plano. Por otro lado, en las primeras entrevistas, la razón del ingreso se podría englobar como una forma de conocer o profundizar los conocimientos sobre las herramientas BIM y su implementación en un proyecto de arquitectura.

En un siguiente subgrupo, referido a los estudiantes que no se vincularon al taller por los aspectos digitales, únicamente se encontró un caso: **(FS_a2)** *Te digo la verdad, me anoté en el curso de TFC de Comerci porque el horario que proponía para las clases presenciales era de un solo día a la semana y en la mañana. Como te decía antes, por un tema de trabajo yo necesitaba que el curso fuera en la mañana. La mayoría de las carpetas de los otros talleres eran en la tarde noche. Así que, sin haber visto ninguna presentación de ningún taller, me metí a trabajar en Comerci. Yo venía picando de talleres en talleres, principalmente por un tema de horarios. El aspecto laboral era algo complicado para mí y necesitaba un lugar que se adaptara a mis tiempos. Además, mi año de carpeta fue muy complicado académicamente. Me tenía que sacar varias materias, como Construcción y alguna otra que no me acuerdo, además de la carpeta. Eso implicaba que el primer semestre le iba a dedicar mucha energía a otras cosas, dejando la carpeta en un segundo plano. Por eso necesitaba un lugar que me diera las facilidades en ese aspecto. No tuvo nada que ver mi elección con la lógica digital que Sergio proponía. Sin embargo, yo soy usuario de herramientas BIM desde hace más de diez años. El primer día que llegué al taller Sergio comenta que se va a trabajar todo el proceso con BIM, ¡tiré chilenas al aire!, porque eran esas casualidades que tiene la vida.*

De los seis entrevistados, cinco se vincularon al taller por temas relacionados al manejo digital en el curso. En algunos casos para conocer o seguir aprendiendo la herramienta, en otro para aprovechar sus potencialidades (principalmente en cuanto al tiempo y volumen de trabajo), pero también por la estrategia digital planteada por el equipo docente. Por otra parte, sólo un caso se relacionó al curso de TFC por aspectos ajenos a lo digital. No obstante, aunque en un primer momento los intereses por entrar al taller eran otros, las consideraciones en el uso de las herramientas BIM sirvieron como un incentivo extra, en la medida que dicho estudiante venía manejando el BIM desde hace más de diez años y el toparse con dicha propuesta fue un aliciente para continuar (según comentarios del propio entrevistado).

Un siguiente punto, que continuó con la temática de conversación acerca de la vinculación con el taller Comerci y la experiencia previa en el manejo de herramientas informáticas, refirió al **(a3) apoyo del equipo docente sobre el manejo de lo digital durante el desarrollo del curso de TFC.** A diferencia de los puntos anteriores, todos los entrevistados presentaron experiencias comunes, haciendo que las seis respuestas establezcan puntos de contacto.

En todos los casos, los entrevistados posicionaron al docente Sergio Barreto (arquitecto responsable del curso de TFC del taller Comerci) como el artífice del curso, tanto en los aspectos vinculados a la enseñanza de la arquitectura, como también a la implementación digital dentro del mismo. Un resumen de este punto lo describe un estudiante: *(FS a3): Cuando te estoy hablando de Sergio, también te estoy hablando del curso. Sergio es el curso. Los asesores estaban y nos daban una mano, pero el centro era Sergio. Indudablemente Sergio era el que nos guiaba, no solo en el proyecto, sino en el manejo de la herramienta digital.*

Como se comentó, las menciones a Sergio Barreto como responsable de llevar a cabo una implementación digital por fuera de los aspectos tradicionales del dibujo fueron unánimes. A continuación, se citan algunos pasajes de las conversaciones con los entrevistados:

(FS_a3) Los asesores estaban y nos daban una mano, pero el centro era Sergio. Indudablemente Sergio era el que nos guiaba, no solo en el proyecto, sino en el manejo de la herramienta digital.

(DC_a3) Todo el curso de TFC fue un gran salto al vacío, pero apoyado por Sergio y con la idea de que no éramos los primeros ni los últimos que comenzábamos a trabajar en la herramienta sin los conocimientos previos. [...] Estar apoyado por un docente que sabe de la herramienta y la usa en su vida profesional (como Sergio), es un apoyo constante para salir adelante y tener la confianza.

(DN_a3) Sergio nos daba muchos piques mientras nosotros estábamos haciendo el proyecto. A veces sabes que tienes que hacer algo, pero no sabes la palabra clave para poder buscarlo y resolverlo. En ese punto Sergio nos ayudó un montón. Además, por más que hayas hecho algún curso en una academia privada, hay cosas técnicas de la arquitectura que tienes que manejar, no es solo usar un programa. Esas cosas las aprendes cuando estás en el último año de la carrera.

(NL_a3) ... recuerdo una clase puntual donde Sergio se tomó la molestia de enseñarnos cosas del programa que no sabíamos. Llevó su computadora y nos dio una clase del programa para todos. Quizá algunos lo manejaban, como yo, pero otros nunca lo habían usado, y por más que es muy sencillo, está bueno tener estas instancias para igualar. [...] Lo otro que nos permitió es aprender a manejar otras herramientas que dialogaban con Revit. Nosotras con mi compañera fuimos sabiendo algo de Revit, pero salimos manejando CypeCAD, DiaLUX, etc. Y eso nos los dio él.

(AE_a3) El primer día que arrancamos, me acuerdo clarito, Sergio puso un proyector y nos pidió que agarremos nuestro CAD base y ahí mismo comenzamos a vincular nuestro proyecto en el Revit. Desde el día uno nos metimos dentro del programa. Sabiendo o no sabiendo, no importa, arrancamos adentro. Después nos dio una clase muy genérica, tanto del funcionamiento del programa como de la lógica de trabajo. A Sergio lo acalambamos a todas horas con preguntas. Pero al ser un taller chico, ayudó a que eso sea manejable.

(JT_a3) Al pobre Sergio lo molestábamos siempre, le mandábamos preguntas, dudas, mensajes a toda hora. Lo bueno era que él siempre estaba dispuesto. Sin eso, sería imposible.

De todas maneras, a pesar del reconocimiento a Sergio Barreto como figura principal dentro del curso, en referencia a la implementación digital como a su rol docente, también existieron varias menciones sobre el papel que jugó el equipo docente en su conjunto. Así, por ejemplo, uno de los entrevistados señala: *(JT_a3) Una cuestión que me llamó mucho la atención fue la predisposición de todo el equipo docente, no solo de Sergio. A veces uno piensa que por la edad algunos docentes no van a estar dispuestos a aprender tecnologías nuevas. Sin embargo, me encontré con dos o tres asesores de, posiblemente, más de 50 años que entendían del BIM, que sabían cómo funcionaba y aceptaban la manera de trabajar. Eso me parecía que está muy buena también, porque no es algo común de ver en otros ámbitos de la facultad.*

Otro de los entrevistados comentó: *(AE_a3) El otro tema fueron los asesores. En el caso de la sanitaria, él no manejaba el programa, pero se colgaba mucho con la herramienta. Le gustaba la capacidad de visualizar todo el proyecto y como nosotros lo entendíamos. Además, podíamos evaluar pendientes reales, los ángulos de conexión reales. Le parecía brutal como en tan poco tiempo lográbamos llevar proyectos tan avanzados y acabados diferentes vistas. En la estructura trabajamos mucho con el CypeCAD. Era otro programa que yo no conocía, pero el asesor si lo manejaba muy bien, y eso nos ayudó a poder meternos dentro de este nuevo programa. La ventaja que yo veía en el Cype es que, a diferencia del Revit, es más básico. Por lo que la curva de aprendizaje fue mucho más rápida.*

Por último, *(DC_a3)* puntualizó: *Dentro del módulo de estructura tuvimos dos asesores, ahora no recuerdo sus nombres. Uno, el más veterano, no manejaba las herramientas digitales, pero se quedaba asombrado por ver lo que le estaba mostrando. Sin embargo, el otro asesor se vinculaba mucho con el programa CypeCAD, pero no estoy seguro si manejaba el Revit. En el caso del asesor de sanitaria, sucedía algo parecido. El no manejaba la herramienta, pero era una persona muy abierta frente a las nuevas formas de enseñanza aprendizaje. El mismo ironizaba sobre su papel obsoleto frente a todo lo nuevo. Eran personas inteligentes y elegidas para acompañar este proceso a pesar de no usar las herramientas. En este contexto, el rol del instrumento servía para generar el vínculo de entendimiento.*

En este escenario, a pesar de las diferencias entre el papel de Sergio Barreto y los asesores (aspecto entendible, en la medida que Sergio es el responsable del curso), la visión general en las seis conversaciones se presentó alineada en cuanto al apoyo y

predisposición de todo el equipo docente en la propuesta digital, independientemente del manejo o no del instrumento informático. A modo de conclusión, uno de los entrevistados comenta: *(JT_a3) A rasgos generales, creo que todo el equipo docente hizo muchísimo en todo el proceso, sino hubiese sido totalmente imposible, ya que la mayoría de nosotros no manejamos la herramienta ni la forma de trabajar del BIM.*

Finalizada esta primera etapa, referida a los aspectos iniciales de las conversaciones con los estudiantes, se trató un último punto: **(a4) la relación con el BIM en la actualidad profesional de los entrevistados**. Dentro de este apartado, al igual que lo sucedido anteriormente, se observaron dos posturas diferentes, aunque dentro de cada una de ellas se presentaron matices. Por un lado, los entrevistados que trabajan actualmente con la herramienta BIM en su vida profesional y, por otro lado, aquellos que no continuaron implementándola en ningún aspecto de su vida profesional.

Dentro de la primera sección se encontraron la mayoría de los casos, específicamente cinco. Aun así, se pudieron observar algunas diferencias internas que tuvieron que ver con el grado y el ámbito de implementación. De los cinco casos mencionados, sólo dos comentan que trabajan exclusivamente en un ámbito BIM, relegando totalmente el resto de las herramientas digitales representacionales (como el AutoCAD). Así, *(NL_a4)* señala: *Cuando estaba terminando la carpeta, Sergio nos pidió ir a dar una charla a una conferencia del “BIM Forum Uruguay” acá en Montevideo. El propósito era contar la experiencia como estudiante usando BIM en nuestro proyecto de carpeta. Contamos cómo esta herramienta nos había facilitado el proyecto y la manera en que nos había hecho avanzar rápido y generar cambios mucho más directos y eficientes (que en otros programas no lo podríamos haber hecho). En ese encuentro conocí a un estudio que fue a dar una charla y aproveché para sacar su mail y enviarles un CV. Todavía, hoy en día, sigo trabajando ahí. Todo el trabajo que hago en el estudio es BIM. Todo el día. Y te puedo decir que todo lo que aprendí en carpeta, con respecto al manejo del programa, lo valido en mi actual trabajo. Por supuesto que ahora se muchas más cosas, pero todo vino de ahí, de lo que había aprendido hacer en mi proyecto de carpeta.*

Otro de los entrevistados, que describió trabajar en un entorno exclusivamente BIM, enfatizó: *(FS_04) Yo venía usando BIM desde antes de la carpeta y voy a seguir usando BIM mientras exista electricidad e internet. Siempre digo, en el caso que haya un apagón digital, básicamente me quedo en calzoncillos. [...] Yo soy un híbrido muy extraño en mi trabajo. Por un lado, trabajo en el ejército en la parte de Geomática. Eso implica trabajar con información geoespacial, con base de datos, etc. Después, cuando salgo de ahí, me dedico a mis proyectos propios, como cualquier estudio de arquitectura. En este punto, el BIM es fundamental, no solo por el aspecto del tiempo, sino por las capacidades que te permite a la hora de mostrar a un cliente. Entonces, en mi trabajo particular utilizo mucho este motor de render para poder vender mis proyectos. Primero lo levanto en Revit, luego lo sincronizo con el Twinmotion, lo decoro y ya está.*

El resto de los casos, dentro de este primer subgrupo, se mencionó una continuación en el trabajo con el BIM, pero como parte de un paquete de herramientas computacionales bajo diferentes estrategias digitales. Por ejemplo: **(DC_04)** *En el trabajo que estaba en el momento de hacer la carpeta, que era el Departamento de Arquitectura de un Ministerio, solo se usaba AutoCAD. Y un CAD no muy desarrollado, con líneas, polilíneas y algunos layers. Y con eso se dibujaba. No había diferencia con el dibujo del Renacimiento, tal como comentabas hoy, salvo por la posibilidad de borrar e imprimir.*

Al terminar la carpeta me propuse implementarlo en el lugar de trabajo. Mis colegas quedaron muy motivados con las posibilidades vistas. No fue al extremo de que nos paguen a todos un curso de Revit avanzado (solo lo hicieron conmigo), pero se pudieron implementar varias cosas, sobre todo en el trabajo repetitivo o algunas cuestiones de planillado o cálculo. Me quedé contento porque pude hacerlo conocer. A raíz de eso me surge otra oportunidad de trabajo en el Consorcio del Ferrocarril Central (que es mi trabajo actual). La propuesta fue como técnico BIM. Para la entrevista se consideró mi carpeta desarrollada en el curso de TFC, donde se tomó en cuenta la experiencia que tenía en el manejo de la herramienta. Me dieron la oportunidad de seguir avanzando en este mundo, ahora un poco más que ver con el BIM.

Sin embargo, la relación con el AutoCAD nunca se perdió dentro de mi trabajo profesional. Hay cuestiones que son más prácticas hacerlas desde el CAD, en la medida que existen vínculos con muchos elementos ya construidos en esa herramienta. Además, por un tema de escala y detalle, hay elementos que no conviene dedicarle el tiempo inicial que implica ingresar a Revit el proyecto. Así, en algunos trabajos, por una cuestión de eficiencia, se elige trabajar en AutoCAD. Pero como te decía anteriormente, cada vez lo usamos menos.

En una misma línea, otro de los entrevistados señaló: **(DN_a4)** ... *Como te comentaba anteriormente, trabajo en una empresa de acondicionamiento térmico donde me hacen hacer cosas en Revit. Fue por eso por lo que me contrataron. Igualmente, no siempre se hace todo en Revit, únicamente para proyectos complejos y grandes, donde hay un montón de ductos. En estos casos, donde es toda una locura, tienes que evitar conflictos entre todos los elementos y el Revit es especial para estos casos. Hacer en AutoCAD muchos de los proyectos que he trabajado sería imposible (únicamente que mientas).*

Por último, dentro de este primer grupo **(JT_a4)** observó: *Acá en el municipio de Salto, donde yo trabajo, de diseño tenemos muy poquito y todo lo que hacemos es en AutoCAD y SketchUp, y no mucho más. Por otro lado, en mi ámbito particular trabajo de forma conjunta. Sigo usando el CAD y Sketchup porque me sirve para mostrarle a un cliente de forma rápida una volumetría o idea, pero estoy haciendo el proyecto de mi casa completamente en Revit (y además estoy calculando la estructura en el software CypeCAD). Algo, aunque sea, estoy intentando mantener. La idea es sacar todo ese oxido que quedó después de no usar el programa desde que terminé la carpeta. Es un debe que tengo y que quiero encarar.*

Por otra parte, solo uno de los entrevistados advirtió no continuar trabajando en un entorno BIM. **(AE_a4)** *No, lamentablemente no. Cuando estaba por arrancar carpeta cambié de trabajo, principalmente para poder tener el tiempo y dedicarle al proyecto. Me metí a trabajar en una empresa de carpintería de aluminio, que no tiene absolutamente nada que ver con todo esto. Estoy vinculado a la arquitectura a través de mi trabajo, pero no desde el área proyectual, por lo que no necesito usar este tipo de programas. No estoy ejerciendo como*

arquitecto. Con todo esto, lamento no haber logrado un seguimiento en el manejo de la herramienta, porque al no usarla constantemente te vas olvidando, no la lógica de funcionamiento, pero si el manejo de las cosas diarias. Creo que todavía estoy a tiempo de poder hacerlo y seguir trabajando en la herramienta. Pero no, no lo seguí trabajando.

Dentro de este último punto **(a4)** se observaron tres situaciones específicas: los entrevistados que continuaron trabajando exclusivamente en la herramienta BIM; los que mezclaron su uso con otras estrategias digitales y el caso particular que continuó por fuera de las lógicas paramétricas. Sin embargo, un elemento en común que se nota, referido a estas tres posturas, se basa en la aceptación que tiene trabajar bajo las lógicas algorítmicas, a tal punto que la vida profesional de la mayoría de ellos continúa atado a este aspecto. Además, el único caso que quedó por fuera, según palabras del propio entrevistado, tuvo que ver con la incompatibilidad de su actual trabajo con la implementación de herramientas BIM. **(AE_04)** *Sé que hay programas tipo BIM que son para este tipo de trabajos, pero por la escala de la carpintería y el tipo de trabajo que hacemos sería imposible implementarlos. En principio porque son muy caros todavía.*

A modo de conclusión, y con el único objetivo de facilitar la lectura ordenada de los puntos analizados y los datos observados, se presenta la siguiente tabla donde se resume lo indagado previamente.

Figura 10:

(a) Vinculación con el taller Comerci y la experiencia previa en el manejo de herramientas informáticas									
(a1) Vinculaciones con diferentes herramientas BIM previo al curso de TFC		(a2) Uso de las herramientas BIM como incentivo para ingresar al taller		(a3) Papel del equipo docente en el manejo de las herramientas digital		(a4) Relación con las herramientas BIM en la actualidad.			
Manejo de diversas herramientas vinculadas a lógicas BIM	Primera experiencia por fuera de las tradicionales herramientas digitales.	Ingreso al taller a partir de la propuesta digital	Ingreso al taller ajeno a la propuesta digital	Apoyo del equipo docente	Ausencia del equipo docente	Uso del BIM en la actual vida profesional	Uso del BIM en conjunto con otras herramientas digitales	Ausencia del BIM en la actual vida profesional	
DN	///	///		///			///		
NL	///	///		///		///			
DC	///	///		///			///		
FS	///		///	///		///			
AE	///	///		///				///	
JT	///	///		///			///		

Nota: cada una de las marcas en la tabla corresponde con los puntos comentados por cada entrevistado. Como se observa, no todos los casos ubicaron sus proyectos en los mismos temas, en la medida que todos los trabajos analizados presentaron perfiles diferentes. Elaboración propia.

Como se comentó al inicio del capítulo, se constataron tres grandes temas surgidos como consecuencia de las conversaciones con los estudiantes (actuales arquitectos). Una vez concluidos los resultados y valoraciones de la primera etapa, se desarrolló un

segundo punto, referido a la **(b) creación del modelo digital, con sus características, particularidades y vinculaciones.**

A su vez, dentro de este tema, se observaron y construyeron cuatro grupos de subtemas: **(b1) características y contexto del anteproyecto arquitectónico; (b2) herramientas digitales utilizadas en el proyecto arquitectónico; y (b3) conformación y vinculación del proyecto arquitectónico dentro de las herramientas digitales BIM.**

Antes de iniciar con la experiencia de cada entrevistado en relación con las herramientas digitales y su implementación en los proyectos de arquitectura (buscando entender la estrategia digital impartida), se entendió importante conocer brevemente cada uno de los proyectos desarrollados para el curso de TFC. El objetivo se encontró en determinar las **(b1) características y contextos del anteproyecto arquitectónico**, como la cantidad de estudiantes involucrados para cada uno de los trabajos, el área de actuación, el programa, el alcance, o alguna particularidad. Así, se logró posicionar el trabajo desarrollado en relación con cada uno de los entrevistados y conocer, de primera mano, los elementos destacables de la propuesta de arquitectura.

En este sentido, se citan los principales extractos de las conversaciones con los entrevistados sobre este punto en particular:

(AE_b1) Mi proyecto es un jardín de infantes ubicado en Carmelo, Colonia. La lógica inicial sobre la que partía era tener una forma pura, que se resumía en un cuadrado. La idea era que dentro de ese cuadrado pase todo el proyecto, tanto el espacio interior, el espacio abierto y las conexiones. No quería tener un edificio por fuera del patio, todo tenía que estar contenido. La razón se basa en que el proyecto está ubicado sobre una avenida muy transitada y la lógica de contención buscaba dar seguridad a los niños y a los padres.

Esa forma pura se dividió en tres grandes ejes: el eje curricular, el extracurricular y el administrativo. Pero, por la estructura del proyecto, debía de contener dentro de la caja a los espacios exteriores. Esa ida y vuelta fue generando la forma final, basada en una caja cerrada cortada por grandes sectores, correspondiente a cada uno de los ejes.

(DN_b1) Mi proyecto era una terminal para Maldonado. Es más, me escribí un manifiesto sobre eso antes de comenzar con el proyecto. El interés es porque hice toda la carrera viajando a Montevideo desde Maldonado. Todo el tiempo la pasaba en las terminales y la verdad que las ¡odiaba! En base a eso, el proyecto fue una terminal nueva para Maldonado.

(JT_b1) Mi proyecto parte de un viejo galpón, en el centro de la ciudad de Salto, que previamente pertenecía a un gran bazar o comercio. La idea original era rehabilitar esa manzana que se encontraba obsoleta y se buscaba transformarla en un espacio cowork, multidisciplinar, con salas de museo, videoconferencias, etc. La cáscara existente se intentó mantener porque tenía un nivel patrimonial y la intervención se producía principalmente al interior

(DC_b1) Era un proyecto de vivienda colectiva ubicado en el actual emplazamiento del gasómetro, sobre la rambla Republica Helénica y Rio Negro en la ciudad de Montevideo. El proyecto tomaba la estructura existente como una cáscara para llevar a cargo este programa arquitectónico.

Originalmente, como parte de la premisa del proyecto, el metraje mínimo que se buscaba llegar rondaba los 1000 a 1500 m2. Sin embargo, a medida que me fui metiendo en el trabajo, esos metros cuadrados se me fueron de las manos.

(FS_b1) Mi anteproyecto se ubicaba en un terreno cerca de la facultad, en Bulevar Artigas y Maldonado. Partía de un proyecto de vivienda colectiva que había hecho en Ante 1, pero en ese momento estaba planteado en solo tres niveles, mientras que ahora, por un tema normativo, tenía que llegar a los 31 m obligatoriamente. Eso implicó que necesitaba agregar varios pisos, pasando de los tres a los 13. De esta manera, terminé haciendo una vivienda híbrida, donde no solo era vivienda, sino incorporaba oficinas, salas de conferencia, cafeterías, amenities, etc. Terminó siendo un apart-hotel con edificio de oficinas.

A partir de lo dicho por los entrevistados, acerca de las características de los proyectos y sus contextos, se advirtieron diferentes y variadas aproximaciones arquitectónicas: desde proyectos de vivienda colectiva de 15.000 m2 a proyectos de terminales de ómnibus de 1.500 m2. Sin embargo, dichas diferencias, tanto a nivel de programático, formal o de áreas, no implican una vinculación digital con variaciones significativas. Existen matices en el involucramiento entre la arquitectura y la digitalidad, aspecto que se señala en un siguiente punto, pero en todas las conversaciones con los entrevistados (independientemente de las características de los proyectos) se observan estrategias digitales vinculadas a lógicas BIM.

A partir del siguiente punto se indagaron y valoraron las diferentes **(b2) herramientas digitales utilizadas en cada uno de los proyectos arquitectónicos** del estudio de caso, para luego explorar la **(b3) conformación y vinculación del proyecto arquitectónico dentro de las herramientas digitales.**

Respecto a las herramientas digitales empleadas en cada uno de los proyectos arquitectónicos, se pudo observar una variación de aproximaciones, aunque, como se comentó anteriormente, todos los casos partieron desde una lógica digital impuesta por el equipo docente. Este aspecto determina un punto en común en cuanto a la estrategia digital, donde se genera, en consecuencia, una similitud en el uso de los programas informáticos. Así, uno de los entrevistados comenta: *(DC_b2) La propuesta de Sergio establecía que saliera todo de Revit. Desde las láminas, graficación, planillas, renders, todo. El apoyo de otras herramientas funcionaba como un complemento de información al Revit.*

Sin embargo, cada uno de los universitarios fue impartiendo su propio perfil, que dependió de factores diversos (que se verán en los siguientes puntos), generando, en consecuencia, independientes aproximaciones digitales. Este aspecto, según se puede

observar, decanta en una serie de vinculaciones variables entre el proyecto arquitectónico y la digitalidad.

De los diferentes casos comentados por los entrevistados, se observaron dos ejemplos singulares: por un lado, las **(b2a) propuestas arquitectónicas constituidas enteramente bajo un conjunto de herramientas con la potencialidad de desarrollar propuestas BIM** y, por otro lado, **(b2b) propuestas arquitectónicas desarrolladas de manera conjunta entre herramientas BIM y herramientas CAD.**

Respecto al primer grupo, uno de los entrevistados comentó: *(DN_b2a) Yo hice todo en Revit, todo. Soy muy apurada, el docente me decía que estoy medio loca. [...] Eso hizo que todas las partes de mi proyecto sean hechas completamente en Revit. Hay otros compañeros que no lo hicieron así, porque no les dio el tiempo. Hicieron mitad en AutoCAD y mitad en Revit, pero mi caso fue hecho todo en Revit. La estructura fue generada toda en Revit, pero lo único que la pasé a CypeCAD para calcularla y luego la volví a incorporar. [...] Para el cálculo de las luminarias utilicé DIALux y VLUX. Es muy fácil de aplicar. Solo le pones la altura de un plano y te dice cuántos luxes necesitas en dicho lugar. [...] En el apartado de acondicionamiento lumínico también utilicé una aplicación (VELUX Daylight Visualizer 2) para el análisis de la iluminación natural de los diferentes ambientes. Para trabajar con ella, agarré el modelo de Revit, con todos sus datos cargados, y lo tiré dentro del programa.*

En esta misma línea, otro de los universitarios planteó: *(NL_b2a) Pudimos hacer todo el proyecto dentro del Revit. [...] Luego de la arquitectura, el primer acondicionamiento que hicimos fue la estructura. Ahí tuvimos varios idas y vueltas con el software CypeCad. [...] Además, utilizamos otro programa, llamado DiaLUX, para obtener el nivel de iluminación en un determinado plano y poder verificarlo. Nuestro programa era salón de clases y el nivel de iluminación a la altura del plano de trabajo es importante. [...] También incorporamos los cálculos de condensación, pero salieron de otro software, como es el HTerm.*

Finalmente, dentro del primer grupo, un último estudiante señaló: *(AE_b2a) Sólo usé Revit, CypeCad y algo mínimo de Sketchup al inicio (por mi falta de conocimientos en el Revit), pero lo dejé de usar una vez que logré tener la volumetría. Por último, por una cuestión de imagen, utilicé un poco de Photoshop para retocar los renders, colocarle algunos monos, árboles etc.*

En el segundo grupo, relativo a los trabajos desarrollados de manera conjunta entre herramientas BIM y CAD, uno de los entrevistados advirtió: *(JT_b2b) Todo mi proyecto lo hice dentro del Revit, lo único que terminé haciendo por fuera es la parte de la eléctrica y los aires acondicionados. Dentro del módulo de térmico artificial, Sergio (docente responsable de TFC) nos pasó un programa (ahora no recuerdo cómo se llamaba) que sacábamos una planta del Revit y la llevábamos a AutoCAD para que ahí nos calcule los metros cúbicos y que equipos necesitábamos en referencia a ese dato. [...] También recuerdo que hice algo de SketchUp para ver las volumetrías y poder establecer rápidamente si estaba todo funcionando. Lo hice así porque me parecía más rápido para la etapa de idear el proyecto. Así, hasta no tener la formalidad general pensada en el SketchUp, no lo incorporé en el Revit. O sea, primero*

AutoCAD, luego SketchUp y por último Revit. Sin embargo, en este último fue donde conformé todo el proyecto: las fachadas, cortes, secciones, detalles y todos los módulos de asesores. Luego, en mi caso, le pasé a una colega el modelo digital de Revit para que hiciera las vistas 3D (renders) en el software Lumion.

Otro de los entrevistados indicó: **(DC_b2b)** *Durante el desarrollo, además del Revit y el CypeCAD, use Corel, Photoshop, DiaLUX y algo de AutoCAD. Sin embargo, la propuesta de Sergio establecía que saliera todo de Revit. Desde las láminas, graficación, planillas, renders, todo. El apoyo de otras herramientas funcionaba como un complemento de información al Revit. [...] En referencia a los renders, Sergio nos enseñó la manera de vincularlo con Lumion (software para procesamiento de imágenes digitales). Es un programa que él usa en su vida profesional y que en la presentación del curso nos enseñó, con el objetivo de poder deslumbrarnos mientras renderizaba un proyecto en tiempo real. A pesar de esto, que es anecdótico, la potencialidad de la herramienta es inmensa. Yo la usé mucho porque no te insume tiempo. Quizá en cinco minutos, luego de cargar el proyecto en Revit, te permitía tener una imagen que contara lo que querías. Quizá no tenía grandes pretensiones de hiperrealismo, pero lograbas una calidad que yo nunca pude lograr en todos mis años de taller. Luego de salir del Lumion, terminaba siempre los retoques finales en el Photoshop. A eso nunca lo dejé. Pero sin perder mucho tiempo.*

Por último, dentro de este segundo grupo, se observó lo comentado por uno de los casos: **(FS_b2b)** *Primero modelé toda la arquitectura en Revit, pero no le di importancia a la estructura hasta bien avanzado el proyecto. Al modelo estructural lo trabajábamos en el CypeCAD. Primero hacías en el Revit todo el planteo estructural y luego lo metías en el software. [...] Para el caso del análisis térmico usé el HTerm y otra herramienta propia del Revit para el cálculo energético. Esta última estaba muy buena porque te decía cuántos watts tenías que poner según cada espacio y su orientación. Eso era tanto para calefacción como para refrigeración. [...] Luego, para el resto de los acondicionamientos, la herramienta no picó mucho. Por lo menos en mi proyecto. El resto de los acondicionamientos los terminé haciendo en el AutoCAD. Así, fui sacando unos cortes del Revit, los pasaba al AutoCAD y los calcaba arriba. Tanto para la sanitaria como la eléctrica. [...] Para el caso de los gráficos, al igual que la sanitaria, los armé todo en AutoCAD (o en Illustrator). Pero como te decía, por la escala del proyecto y también por estar trabajando solo la carpeta, no me daba la vida. Además, este tipo de proyectos, por un tema de escala (y los docentes lo sabían) terminan delegando a diferentes asesores la resolución de cada uno de sus componentes. Que yo los tenga que resolver, y trabajando sólo, era una locura*

En este último ejemplo, a diferencia de los anteriores, el equilibrio entre el uso de las herramientas BIM y CAD estuvo más ligado al CAD, en la medida que parte importante de su propuesta arquitectónicas se desarrolló en dicha herramienta. Aun así, para poder entender de qué manera se implementó su estrategia digital, además de lo comentado en la presente entrevista, es necesario hacer un análisis del modelo digital (desarrollado en el siguiente capítulo).

El próximo punto sobre el que se indagó, en directa relación con el caso anterior, refirió a la **(b3) conformación y vinculación del proyecto arquitectónico dentro de las herramientas digitales utilizadas.**

Así, se buscó entender el desarrollo del modelo digital en cada uno de los proyectos estudiados, con el objetivo de conocer la profundidad en la inserción digital dentro del proyecto de arquitectura. Para poder llevar a cabo este punto, se les pidió a los entrevistados indagar acerca de los elementos contenidos dentro del modelo digital, como también de sus vinculaciones y cruces de información.

En referencia a este punto, uno de los entrevistados comentó: **(DN_b3)** *A la hora de conformar el proyecto dentro de Revit, y por la característica de trabajar sola, lo hice todo junto. Otros compañeros, como eran pareja, fueron haciéndolo en diferentes documentos. Así que los módulos de: Arquitectura, Coordinación, Electricidad, Estructura, Fontanería y Mecánica estaban en un mismo archivo.*

Con respecto a la estructura, por ejemplo, la cosa era así: primero trabajamos en Revit donde armamos todo el diseño de la estructura y lo incorporamos mediante pilares estructurales, muros estructurales (para hacer los muros de contención), losas estructurales (para hacer las plateas), vigas estructurales y todo lo que el proyecto necesitara. Después lo mandábamos todo al CypeCAD. Ahí nos dábamos cuenta de un montón de errores (pero errores de conocimiento), como saber dónde poner juntas de dilatación, cosas así. Por eso, cuando ves mis láminas de estructura, la mayor parte son de CypeCAD. Todo lo que tiene que ver con el cálculo, los detalles, planillas, descargas, hierros, deformadas, etc., todo es resultado del meter el proyecto en CypeCAD. Le metí mucha mano al programa para calcular todo y me salió.

Hasta terminar el primer semestre estamos solo con la arquitectura y un poco con la estructura, que es para dar idea de lo que queremos hacer con el proyecto. Después de terminar esta etapa del proyecto, nos metemos con todas las instalaciones (sanitaria, eléctrica, térmico, etc.).

Por ejemplo, en la eléctrica solo ponemos las luces en la forma que nos guste más y luego comenzamos a atar los circuitos y todo eso. Además, el programa te lo resuelve bastante fácil. Solo tienes que saber configurar los paneles (que vendrían a ser los tableros).

Otro de los acondicionamientos que incorporé fue el de térmico artificial. Y fue el que más me gusto, quizá era porque no sabía nada, pero lo aprendí. Además, las vueltas de la vida hicieron que terminara trabajando en una empresa que se dedica a esto mismo.

Por último, el acondicionamiento que se hace generalmente al final es el de lumínico y térmico natural. Esto es así porque en uno de los aspectos que influye menos en todo el proyecto, no es como la sanitaria o estructura. Por eso lo dejé para el final.

[...] No solo los aspectos técnicos los hice en Revit, sino también los Render. Esta imagen (refiriéndose a la tapa de la carpeta) está hecha toda en Revit. Lo único que no es de ahí son estos árboles, porque los que tenía el Revit no me gustaban, así que los hice en Photoshop. Y además le incorporé este ómnibus de Copsa, que es una foto del que yo viajaba todas las semanas. Ni siquiera gasté el tiempo de pasarlo a Lumion o 3dMax, había que terminar. El propio docente te decía que eso no era lo importante. Lo que le interesa al taller es que corrija la arquitectura. Tenías que dedicar tu tiempo a asegurarse que las otras cosas estuvieran bien resueltas. [...] Incluso la diagramación del documento entregado, como el índice, las láminas,

todo, lo hice en Revit. No quería perder tiempo ni en Corel o Illustrator. Así que realmente fue aprovechar la herramienta y el tiempo.

Otro de los universitarios, en relación directa con lo comentado por el anterior entrevistado, planteó: **(NL_b3)** *Lo que recuerdo de los primeros días de carpeta es haber llegado con un rectángulo (muy cuadrado) y fue Sergio que nos dijo: “no, no, rompan eso, arranquen de vuelta”. A partir de esto, un día que nos juntamos en casa de mi compañera de carpeta, borramos todo, limpiamos el programa y dijimos: vamos a comenzar de cero. Ahí empezamos a probar con la herramienta para ver qué posibilidades formales nos permitía. De a poco le fuimos encontrando la vuelta, pero fue un proceso, tanto a la interna nuestra como del manejo del Revit.*

Pudimos hacer todo el proyecto dentro del Revit. Todas las instalaciones, desde las cañerías interiores, exteriores, de refrigeración, unidades de aire, todas las luminarias (menos los conductos de eléctrica que no modelamos porque es algo muy chico que no vale la pena por no tener relevancia en el proyecto). Agregamos hasta las cámaras de seguridad.

[...] Luego de la arquitectura, el primer acondicionamiento que hicimos fue la estructura. Ahí tuvimos varios idas y vueltas con el CypeCAD porque no nos daban las alturas de las vigas. Les poníamos una altura, lo verificábamos en el Revit y volvíamos nuevamente al CypeCAD. Eso nos llevó un tiempo.

En el caso de la sanitaria, como nunca lo habíamos hecho, nos costó un poco, pero solo al principio. Teníamos que ver como unir las cosas, cómo funcionan los fittings, hacia donde van las pendientes, etc. Pero una vez que los tienes, es muy fácil ir siguiendo la vuelta y que te quede bien. A mí me pareció muy sencillo. En mi trabajo actual soy la que me dedico a esto porque me resulta fácil.

Otro de los acondicionamientos que incorporamos fue la eléctrica. En el caso de las luminarias, se incorporó al proyecto el modelo según los requerimientos del programa. De esta manera, logramos obtener un dato real del nivel de iluminación para cada luminaria colocada, que también nos servía a la hora de obtener el render, trabajo que hizo mi compañera.

En el caso de acondicionamiento lumínico artificial, incorporamos todo, las unidades interiores y exteriores, como también el diseño de todas sus conexiones.

Por último, dentro de este primer apartado, otro de los estudiantes señaló: **(DC_b3)** *Luego de afianzar las bases del proyecto, lo siguiente era la estructura. Para trabajar en ella, y entender cómo funcionaba, hacíamos el modelo estructural en Revit y lo vinculábamos con otro software llamado CypeCAD. Así, junto con el asesor de estructura, podíamos tener una corrección en tiempo real, donde manipulábamos determinados parámetros (siempre apoyados por el docente) para tener una verificación de la viabilidad de la estructura en sólo una corrección. Obviamente, después llevaba algunos ajustes, pero esa capacidad de ida y vuelta entre el diseño de la estructura y su verificación era un cambio muy grande. Eso nos daba la capacidad de poder avanzar en las cosas importantes del proyecto y no perder tiempo en verificar ideas que mueren en la nada.*

Luego de ver la estructura, pasábamos a la sanitaria. Nuevamente, no como un proceso lineal, sino como con un ida y vuelta. La base era un modelo central que le íbamos incorporando todas las instalaciones, de manera que no tocábamos la base de la estructura ni del propio proyecto de arquitectura. Si bien el asesor no manejaba la herramienta, como te comenté anteriormente, el reconocía la practicidad de esta forma de trabajo. El proceso fue muy parecido a la

estructura, donde la verificación de interferencias se conformó como algo fundamental para el proyecto. Sin embargo, era un proceso que lo hacíamos manualmente, mirando las láminas y viendo que nada se choque. Hoy en día, con más conocimientos, lo hago analizándolo con un simulador de interferencias. Igualmente, la posibilidad de tener todo el modelo integrado y dialogado nos daba la posibilidad de entenderlo y corregirlo.

Al módulo de eléctrica también la incorporé al Revit. Como no teníamos asesor en este acondicionamiento, este tema lo veíamos directamente con Sergio. Igualmente, él es un profesional muy formado y con amplios conocimientos, cosa que nos permitió avanzar sin problemas en cada uno de los módulos.

Por otro lado, recuerdo que en el módulo de lumínico hice algún análisis de acondicionamiento natural desde el propio Revit, con un estudio de asoleamiento a partir de geolocalizar el modelo e ir estudiándolo en diferentes épocas del año. Pero poco más.

El caso del acondicionamiento térmico artificial fue similar al anterior. No teníamos asesores y no nos dio el tiempo para incorporarlo al proyecto en Revit. Recuerda que gran parte de los módulos se incorporaban en el segundo semestre, con lo que es muy poco tiempo para todo.

Según se pudo observar en los casos comentados anteriormente, los entrevistados expusieron haber incorporado al modelo digital todos los módulos correspondientes a las diferentes capas de su proyecto de arquitectura, como la estructura, la sanitaria, la eléctrica, el acondicionamiento térmico, etc. Por lo tanto, conformar el proyecto bajo esta lógica de trabajo les permitió generar un diálogo entre los diferentes elementos, en la medida que estuvieron desarrollados en un ambiente BIM. En este sentido, uno de ellos enfatiza: **(DN_b3)** *Lo bueno de trabajar de esta forma es que todo se conecta. Por ejemplo, en esta lámina de eléctrica, las luminarias que están cargadas tienen una altura determinada, unas características de iluminación, un tipo determinado, etc., que luego ya te quedan para el 3D. Nada es mentira, todo lo que ves en una lámina se replica en todas. La luz que esa luminaria genera es la real, no la mentimos en el Render. [...] Proyectas en todas las vistas, saliendo de la típica forma de proyectar en planta que toda la vida tenemos en facultad.*

Sin embargo, se observaron algunos casos donde, pese a presentar una cantidad menor de componentes arquitectónicos incluidos en el modelo digital, igualmente presentaron un grado sustancial de vinculaciones entre los instrumentos desarrollados. Así, uno comenta: **(FS_b3)** *Primero modelé toda la arquitectura en Revit, pero no le di importancia a la estructura hasta bien avanzado el proyecto. Fue así porque todo mi proyecto era muy racional en cuanto a la estructura y a todo en general. Eso hacía que no tuviera una complejidad general que me fuera a complicar la estructura o las instalaciones.*

Al modelo estructural lo trabajábamos en el CypeCAD. Primero hacías en el Revit todo el planteo estructural y luego lo metías en el CypeCAD. Recuerdo que en mi caso tenía 56 pilares entre los diferentes niveles. ¡Eso era pornografía de pilares! Por lo tanto, para verificar la estabilidad del proyecto le puse solo dos pilares por planta, las vigas más jodidas y no mucho más. La idea era comenzar con lo básico e ir probando. Eso te lo daba el programa, la posibilidad del constante ida y vuelta entre el proyecto y la estructura, entre el Revit y el CypeCad.

Luego, para el resto de los acondicionamientos, la herramienta no picó mucho. Por lo menos en mi proyecto. Dentro del curso, el hincapié principal está en la arquitectura, a diferencia de

lo que podemos ver quizá en otros talleres. Acá se evalúa el proyecto, porque se sobreentiende que a los acondicionamientos ya los aprendiste y salvaste. Ellos no vienen a evaluar eso.

Con todo esto, sumado a los problemas de tiempo que yo tenía (entre mi trabajo y mi vida personal) terminé haciendo únicamente la albañilería y la estructura dentro del Revit. El resto de los acondicionamientos los terminé haciendo en el AutoCAD. Así, fui sacando unos cortes del Revit, los pasaba al AutoCAD y los calcaba arriba. Tanto para la sanitaria como la eléctrica.

Recuerdo que en la sanitaria únicamente trabajé en un baño por planta, donde les marcaba los lugares de bajada. Como todo mi proyecto era muy racional, los diferentes elementos eran muy repetitivos y me permitían trabajar de esa forma. También les hice el cálculo de conexión al saneamiento y no mucho más. Pero todo en AutoCAD (o Illustrator, ahora no recuerdo bien). En el caso de la Eléctrica, calculé las cargas, la instalación de enlace de UTE y no mucho más. Para el caso de los gráficos, al igual que la sanitaria, los armé todo en AutoCAD (o en Illustrator). Pero como te decía, por la escala del proyecto y también por estar trabajando solo la carpeta, no me daba la vida. Además, este tipo de proyectos, por un tema de escala (y los docentes lo sabían) terminan delegando a diferentes asesores la resolución de cada uno de sus componentes. Que yo los tenga que resolver, y trabajando sólo, era una locura.

Con características similares al anterior entrevistado, uno de los universitarios comentó: **(AE_b3)** *Luego de tener planteada la arquitectura, que como te comenté anteriormente fue sobre lo que estuvimos trabajando principalmente en el primer semestre, comencé a pensar e incorporar la estructura. Para mí, poder visualizar todo el modelo estructural en una lámina fue brutal. Poder ver cada uno de los componentes y de una manera rápida fue algo nuevo para mí, porque me ayudaba a pensar el proyecto. Además, todo lo que veía era real, todos los detalles que obtenía estaban bien y nada estaba inventado, todo funcionaba.*

Otro elemento que tuve que incorporar inmediatamente de la albañilería, conjuntamente con la estructura, fue la sanitaria. Fue así porque necesitaba tener conectado internamente en el edificio diferentes tipos de baños en diferentes lugares (aulas). Además, en conjunto con estos desagües, tenía que conectar las pluviales del techo central del patio. Todo esto se fue complejizando porque los ángulos que conforman cada una de las habitaciones de mi proyecto no eran rectos, haciendo que conectar piezas de sanitaria en esos espacios fuera muy complejo y poco natural. Éstos fueron los tres grandes ramales que necesitaba comprender para resolver la sanitaria.

[...] Siendo completamente honesto, el único acondicionamiento que no pude incorporar dentro del Revit fue la eléctrica. La razón principal fue el tiempo, pero también mi capacidad mental, no pude. Además, mi proyecto era relativamente sencillo, eso ayudó a que lo pueda incorporar rápidamente dentro de CAD. Al final, si no recuerdo mal, fueron sólo seis o siete láminas. A pesar de no haber desarrollado el proyecto de eléctrica en el Revit, lo que sí hice fue incorporar las luminarias dentro del programa para que cuando tuviera que sacar imágenes en 3D, éstas estuvieran presentes. No estaban conectadas con el cableado y todo lo demás, pero las logré incorporar.

El tema del acondicionamiento térmico artificial lo incorporé a último momento. No necesariamente por un tema de proyecto, sino porque fue de las últimas cosas que fui aprendiendo su funcionamiento. Encontré un tutorial que me explicaba cómo funcionaba. Me decía cómo poner las unidades interiores y exteriores. Así, coloque las unidades exteriores en el techo y comencé a probar cómo hacer las conexiones para que funcionara dentro del Revit.

Por las características de mi proyecto, la relevancia de este condicionamiento no era tan importante y no implicaba la necesidad de un ida y vuelta con el resto de los componentes, como si era necesario en la sanitaria o estructura. Luego, me baje unas familias de ductos y difusores, los coloqué según mi proyecto y conecte todo el sistema. Indudablemente debe de tener miles de errores, pero fue más un ejercicio para ver cómo funcionaba, que de saber realmente que necesitaba el proyecto.

Algo que me pasó a mí, y creo que les pasa a muchos (según lo que hablamos con mis compañeros) es que te comienzas a viciar con la herramienta, por qué siempre quieres saber cómo se hacen las cosas. Para mí fue un desafío personal. Imagínate que hice la eléctrica dentro del AutoCAD y me sentía mal por no haberlo podido lograr.

Continuando en este punto, otro de los entrevistados mencionó: **(JT_b3)** *Como mi edificio era existente, lo primero que hice fue un relevamiento y lo pasé al AutoCAD. Luego, después de haber trabajado en papel para ver cómo se organizaba la planta (y ponerla de forma esquemática dentro del AutoCAD) lo comencé a pasar al Revit. O sea, una vez que tenía la base de a donde quería ir, lo comencé a trasladar al Revit.*

Una vez que tuve la idea general de mi proyecto, lo primero que incorporé al Revit fue la volumetría dentro del módulo de arquitectura. Para hacerlo, por ejemplo, incorporé un muro uniforme, de un solo ancho, sin materiales definidos. También, las aberturas eran unas genéricas, que no las toque mucho. Así con todo. La idea era definir una volumetría rápida dentro del Revit.

Después, cuando el proyecto fue tomando color, fui generando más detalle. Por ejemplo: este muro tiene 30 cm, es de ladrillo con revoque impermeable del lado exterior y al interior tiene dos capas de terminación. El proceso fue pasar de un muro genérico a un muro detallado a medida que avanzaban las entregas. Este proceso del muro fue replicado con todos los elementos incorporados al modelo digital.

Hasta el primer módulo, que terminó en el primer semestre (si bien tenía toda la parte del galpón existente incorporada) ya había empezado a trabajar en la propuesta, pero a partir de una volumetría dentro del Revit. Sin algo formal todavía.

Luego, a medida que el proyecto fue avanzando, a partir del segundo semestre, comencé a incorporar los diferentes módulos: albañilería, estructura, sanitaria, etc. Eso es lo bueno del Revit, el poder comenzar a desglosar la obra y verla explotada para comenzar a ver las interacciones en sus diferentes partes para entender cómo funciona. Eso permite ver sus problemas. Por ejemplo, este caño no lo puedo bajar por acá porque tengo un pilar, o esta ventana la tengo que mover porque me baja una columna de sanitaria. Cosas así.

(...) La eléctrica no la pude incorporar. No daba con la tecla de poner los artefactos y que se vieran en planta como yo quería. Ahora no recuerdo exactamente qué fue lo que pasó, pero terminé trabajando en AutoCAD para incorporar estos elementos. Pero, todo el resto, como planillas, despiece de aberturas, herrería, escaleras, todo fue hecho dentro del Revit o tomando en cuenta el software como un centralizador del trabajo.

Una vez concluida la conversación con los diferentes entrevistados, en relación con el punto anterior, se observó como la incorporación y vinculación de los diferentes módulos del proyecto al modelo digital presentó características similares, a pesar de la existencia de casos donde no se pudieron vincular y relacionar la totalidad de los módulos. Todos los proyectos iniciaron incorporando las unidades de arquitectura y

estructura, para luego introducir los siguientes acondicionamientos. Sin embargo, dicha incorporación no fue entendida como un proceso lineal. En este sentido, uno de los entrevistados lo ejemplifica: **(DC_b3)** *Indudablemente, la conformación de mi proyecto en relación con la herramienta digital no fue una estructura lineal. Lo desarrollé más como un esquema con el centro en el proyecto, tal como estaba definido desde el propio taller. En el taller, el foco siempre estaba puesto en el proyecto, donde el discurso de defensa de tu idea era parte fundamental. O sea, una justificación válida.*

La pauta de trabajo, caracterizada por presentar similitudes en todos los casos conversados (a pesar de las diferencias en la cantidad y profundidad de módulos incorporados), respondió, según se desprende de las conversaciones, a una forma de trabajo aplicada desde el equipo docente. Esta es una de las razones por la que se decide trabajar en el taller, en la medida que la propuesta digital es impartida desde la cátedra y no desde los estudiantes, como se observa en el resto de los talleres. Este proceso implica una metodología de trabajo en relación con la conformación del modelo digital dentro de un ámbito BIM, donde no solo es importante que los diferentes módulos sean incorporados dentro de la herramienta digital, sino que la información contenida en ellos pueda vincularse entre sí para obtener resoluciones de diseño. En consecuencia, el tipo y volumen de información y como la relaciono dentro del proyecto termina siendo la base del modelo digital dentro de esta lógica de trabajo.

Al igual que en el punto anterior, y con el único objetivo de facilitar la lectura ordenada de los puntos analizados y los datos observados, se presenta la siguiente tabla donde se resume lo indagado previamente.

Figura 11:

(b) Creación del modelo digital. Sus sus características, particularidades y vinculaciones					
	(b1) Tipo y programa del anteproyecto arquitectónico	(b2) Herramientas digitales utilizadas en el proyecto arquitectónico		(b3) Conformación y vinculación del proyecto arquitectónico dentro de las herramientas digitales BIM	
		(b2a) Proyectos desarrollados enteramente bajo un conjunto de herramientas con la potencialidad de desarrollar propuestas BIM	(b2b) Proyectos desarrollados de manera conjunta entre herramientas BIM y herramientas CAD	Incorporación de todos los módulos correspondientes a las capas del proyecto: arquitectura / estructura / sanitaria / eléctrica / térmico natural y artificial / render	
				Ausencia de algunos módulos correspondientes a las capas del proyecto	
DN	<i>Terminal de Omnibus</i>	///		///	
NL	<i>Jardin de infantes</i>	///		///	
DC	<i>Vivienda Colectiva</i>		///	///	
FS	<i>Vivienda Colectiva</i>		///		///
AE	<i>Jardin de infantes</i>	///			///
JT	<i>Espacio Cowork</i>		///		///

Nota: cada una de las marcas o textos en la tabla corresponde con los puntos comentados por cada entrevistado. Como se observa, no todos los casos ubicaron sus proyectos en los mismos temas, en la medida que todos los trabajos analizados presentaron perfiles diferentes. Elaboración propia.

Un siguiente punto sobre el que se buscó encaminar las diversas entrevistas, referenciado al último de los temas conversados (las diferentes estrategias digitales implementadas y su incidencia dentro de los proyectos de arquitectura) aludió a examinar el modo en que la información que los entrevistados incorporaron al modelo digital les ayudó a tomar decisiones de diseño.

En este contexto, se expusieron los principales puntos recogidos en cada una de las entrevistas con relación a las **(c1) resoluciones de diseño a partir del diálogo entre componentes de información de las herramientas digitales.** Dentro de este apartado se observaron dos tendencias, por un lado, **(c1a) los que vincularon y relacionaron dos o más módulos de información** (como la estructura, la albañilería, la sanitaria, etc.) y, por otro lado, **(c1b) los que vincularon y relacionaron un único módulo de información.**

De antemano, se podría establecer una relación directa entre lo analizado en el punto anterior (acerca a los módulos de información cargados al sistema informático) y las resoluciones de diseño a partir del diálogo entre dichos componentes, en el entendido de que, a mayor cantidad de información cargada en el modelo digital, más posibilidades hay de poder vincular y relacionar dicha información. Sin embargo, como se observará en los siguientes comentarios, dicha relación no sucedió de manera predecible.

Dentro del primer grupo se identificó a la mayoría de los participantes, específicamente cinco de los seis estudiantes entrevistados. Así, uno de ellos comenta: *(DN_c1a) En mi proyecto [...] el mayor diálogo fue con la sanitaria. Cuando incorporé la estructura y fui avanzando la sanitaria, el problema siempre fue la losa casetonado que lo tenía que hacer más y más grande. Los montantes (ductos que me quedaron en medio del edificio) durante el proceso de proyecto pasaron por muchos lados. En el CypeCAD no molestaba mucho porque tenía el hueco de las escaleras y eso hacía que no afectara la estructura (todo esto es una banda medio vacía que yo tenía en el CypeCAD). Pero, como la sanitaria tenía tantos pases, cuando cambiaban de dirección o de lugar los montantes, hacía que algunos desagües o ventilaciones pasaran unos sobre otros (se superponen). Este proceso hizo que necesitara variar la dimensión del encasetonado para poder alojar las diferentes posiciones de prueba de las bajadas de sanitaria. Y la única forma de poder verificar eso es con un modelo completo de la sanitaria y que esté en dibujada en el espacio. No tienes otra forma de darte cuenta. Otro de los acondicionamientos que incorporé fue el de térmico artificial. [...] El gran problema que tuve con este acondicionamiento, al igual que todo el grupo, es el tema de las colisiones. Como los ductos son tan grandes, es en donde se miente más dentro de los proyectos, haciendo que a veces tengas que reformular todo. [...] El programa me facilitó esta manera de trabajar, porque estaba relacionando tres elementos: la estructura, la sanitaria y el acondicionamiento térmico artificial.*

También, otro de los entrevistados señaló: **(NL_c1a)** *Cuando comenzamos a cargar cosas para ir construyendo el modelo digital, te das cuenta de que hay cosas que no entran o que quedan a la vista. Por ejemplo, para el tema de las instalaciones mecánicas, nuestra postura era esconderlas. De esta manera, en el caso de la unidad exterior del sistema de ventilación, lo escondimos mediante una construcción que funcionaba como un juego. [...] La herramienta nos permitió conocer a detalle el sistema que teníamos que utilizar, con sus dimensiones y características. Así, pudimos generar una construcción que ocultara ese elemento. Por otro lado, cuando fuimos desarrollando la estructura, nos dimos cuenta de que las vigas del techo quedaban mejor si eran invertidas. Originalmente las pensamos normales, hacia abajo, pero al ir diseñando el proyecto, tanto su estructura como su albañilería, no nos gustaba como se veían. Así, tomamos una resolución de diseño, fundada en la información que obteníamos de vincular los diferentes elementos del proyecto. Al hacerlas invertidas tuvimos que generar un sobrepiso porque la azotea era transitable. Además, eso entró en conflicto con la sanitaria, porque teníamos que canalizar en ese sobrepiso todos los desagües y abastecimientos, ya que no teníamos cielorraso y la azotea era transitable. Si en esta situación tu no tienes modelado el caño, tal como tiene que ser, es muy difícil saber realmente si lo puedes pasar por ahí. En cambio, cuando tienes toda esa información cargada en el programa, tomar las resoluciones para saber por dónde canalizar, son más rápidas y reales, porque te entra o no.*

Un tercer entrevistado mencionó: **(AE_c1a)** *En mi proyecto el modelo estructural fue fundamental porque implicó variaciones importantes en el diseño. Es claro que este proceso sucede en todos los proyectos de arquitectura (independientemente de la herramienta de dibujo) pero la facilidad del diálogo entre la albañilería y la estructura desarrollada en estas herramientas es difícil de superar.*

Tenía un espacio central de 17 m de luz con forma hexagonal. En este contexto, no me daban las dimensiones de las vigas que yo había colocado. De esto me di cuenta al vincularlo con el Cype. Al inicio yo tenía unas vigas muy pequeñas, que terminaron siendo mucho, mucho mayores. Eso te ayuda a proyectar porque en una etapa muy temprana del desarrollo de tu proyecto tienes datos que te ayudan a tomar decisiones. La premisa inicial de la estructura era que los muros laterales de las aulas fueran vidriados para obtener una conexión con los patios. [...] Entonces necesitaba una estructura que me soporte todo ese plano vidriado. Así, ni bien empecé a definir esos aspectos, tuve que empezar a probar características estructurales de las piezas que componían esos espacios. En un diálogo constante entre la albañilería y la estructura comencé a verificar qué largo, ancho y distancias podía tener en cada una de las aulas. [...] El proceso fue muy fluido y me permitió tomar resoluciones de diseño de forma muy precisa, porque tenía información y era real.

Otro elemento que tuve que incorporar inmediatamente de la albañilería, conjuntamente con la estructura, fue la sanitaria. [...] En el caso de los baños, lograr conectar los inodoros sin tener ángulos rectos fue un problema e hizo que la ubicación de los baños esté en relación con este aspecto. Porque en el Revit, si venís con un codo de 45 y no tienes el ángulo, no te conecta. No hay forma de mentir por qué no te lo dibuja. Así, todos estos baños pasaron por una infinidad de ubicaciones, todo porque necesitaban adaptarse a la Sanitaria. Si yo no hubiese tenido esta herramienta, nunca hubiese tenido la certeza de que su ubicación funcionaba. Acá no sólo pude hacer el detalle, sino que lo hice bien.

Por otra parte, un siguiente entrevistado advirtió: **(JT_c1a)** *Te voy a comentar el caso de los ductos de la sanitaria para mi proyecto. El edificio proyectado tenía tres niveles, eso implicaba que los ductos de primaria, secundaria y pluviales tenían que bajar por algún lado. Eso llevó en varios casos a tener que mover elementos de su lugar, generar los espacios suficientes para que alguien a futuro pueda entrar a trabajar ahí dentro. También, en el caso de los desagües de techos me pasó algo parecido. Saber por dónde tenían que bajar, de qué manera, que se vieran en algunos casos y en otros no, etc. El tener el proyecto de albañilería dialogando con la sanitaria me permitió entender estos problemas y tomar resoluciones de diseño en base a ellos.*

Otro de los diálogos que tuve entre la albañilería, estructura y la sanitaria, por ejemplo, fue en una situación particular donde tuve que hacer un descenso de cielorraso. La razón fue que la sanitaria justo atravesaba un sector de perfilería metálica estructural que armaba las losas voladas del segundo nivel. El problema era que desde el punto de vista de diseño no podía tocarlas. Eso implicó desviar esa sanitaria y tener que modificar la albañilería para generar un nuevo sector donde pasar esos ductos. Este problema lo pude ver en una lámina en particular, donde se mostraba un perfil metálico perfecto, pero de repente un grupo de ductos de sanitaria de 110mm lo atravesaban completamente. Con eso decías: acá no, hay que recalcular. Esto, en otra herramienta como el CAD es imposible o muy costoso en tiempos de trabajo.

Otra de las principales vinculaciones que tuve en mi proyecto fue entre la estructura y la albañilería. Lo primero que hice fue armar el proyecto de estructura dentro del Revit mediante pilares estructurales, losas estructurales, etc., para luego cargarlo dentro del CypeCAD. Luego, las dimensiones que me devolvía el CypeCAD las incorporé nuevamente al Revit para que la estructura fuera coherente con las secciones calculadas. Esto, a pesar de ser un proceso natural de trabajo para un arquitecto, la ventaja de hacerlo mediante estas herramientas es la rapidez que se logra en las diversas idas y vueltas entre la estructura y la albañilería. Ese proceso te permite tomar resoluciones de diseño basados en cálculos e información real.

Por último, dentro del primer grupo de estudiantes, se observó un caso que, a diferencia de los anteriores, las relaciones entre los módulos de información incorporados a la herramienta BIM se circunscribieron a casos muy puntuales entre la sanitaria y la albañilería o entre la albañilería y la estructura. En este sentido, el entrevistado menciona: **(DC_c1a)** *Como mi proyecto se presentaba como un conjunto de tipologías diferentes, según el nivel, la forma de cómo afecta la sanitaria en cada uno de esos niveles es muy importante. Entonces, la forma de vincular cada una de las viviendas a los montantes de bajada era particular y única. En el tema de la estructura, como el proyecto era más lineal (porque a pesar de ser tipologías diferentes por nivel, la estructura era igual y continua) el proceso se resolvió desde el proyecto mismo. Así, las interferencias estaban pensadas desde antes, para que sean las menos. Pero, al tener el modelo, tienes que identificar dónde hacer los pases, por ejemplo, y donde interferir menos en la estructura.*

Bajo una lógica de trabajo BIM, no solo es importante la cantidad de información contenida en el modelo digital, sino **las relaciones posibles entre los diferentes módulos de datos y las resoluciones que se generan a partir de su vínculo.** Para los casos citados anteriormente, dichas relaciones (entre la información contenida en la

albañilería, la sanitaria, la estructura y, en menor caso, en el acondicionamiento térmico) permitieron generar un conjunto de diálogos en cada uno de los módulos, y a la interna de ellos, con el objetivo de tomar resoluciones de diseño particulares según los problemas observados. No obstante, los diálogos registrados, aun siendo importantes, se circunscriben casi exclusivamente a vincular dos módulos por vez (solo en algún caso puntual, como el caso de **DN** y **NL**, se observan tres vínculos), donde no se compagina la totalidad de la información cargada en cada uno de los elementos del modelo digital. Además, este proceso se desarrolla, principalmente, de manera manual, donde el estudiante es el encargado de encontrar las conexiones, no aprovechando las potencialidades presentadas por la herramienta digital.

Por otro lado, dentro del segundo grupo (vinculado y relacionado a **un único módulo de información**), exclusivamente se advirtió la presencia de un solo caso. Como se comentó en puntos anteriores, este caso presentó la particularidad de estar vinculado al modelo digital de la herramienta BIM únicamente en los apartados de albañilería y estructura. El resto de los acondicionamientos se desarrollan por fuera del BIM, aspecto que genera la imposibilidad de relacionar la información con un grado necesario de profundidad. Este aspecto se puede entender como consecuencia de las particularidades de cada una de las herramientas digitales utilizadas. En este sentido, simplificando un ejemplo, mientras que un muro en BIM es un sistema de información (con datos de materialidad, dimensiones, propiedades, capas, etc.) en el CAD un muro son dos líneas paralelas. De esta manera, no es posible compatibilizar los datos provenientes de ambos sistemas, principalmente por la falta de información contenida en un modelo digital desarrollado en CAD.

En este sentido, el entrevistado comentó: *(FS_c1b) En lo referente a la coordinación y conflictos entre acondicionamientos, te podría decir que no existió. La base de mi proyecto se basó en que no estén nunca presentes esos problemas. Así que no fue necesario. Yo sabía que iba a estar complicadísimo en temas de tiempo, por lo que no quería problemas, por eso terminé trabajando en un proyecto muy racional y modular, donde cada cosa tenga su lugar y no sea necesario su coordinación.*

A diferencia del resto de los entrevistados (perteneciente al primer grupo), los aspectos vinculados a la coordinación de los diferentes módulos de información estuvieron acotados. Sin embargo, se constata un particular interés en el grado de vinculación a la interna del módulo de arquitectura, aspecto que posibilita trabajar dentro de una estructura de diseño paramétrico (se profundiza más adelante). De esta manera, el entrevistado señala: *(FS_c1b) Después, en cuanto a la carga de información de los diferentes elementos de la albañilería en el Revit, te podría decir que llegué a un LOD 300 (nivel de desarrollo de un modelo BIM, límites entre 100 y 600 aprox.). Por ejemplo, en los muros tenía cargada todas sus capas. Lo hice así por dos cosas, por un lado, para llegar bien a los materiales y que a futuro me permita hacer los renders y, por otro lado, para hacer el análisis energético. Entonces, así tenía los muros, tenía los techos, tenía todos los elementos de la*

albañilería cargados y completados. Con todo esto saqué las planillas de muro, de vigas, de habitaciones, de materiales y todos los elementos que me permitían el cruce de información interno dentro del módulo de arquitectura.

Además, según comentarios del universitario, la razón de trabajar y profundizar en una lógica paramétrica se basó en un objetivo particular: **acotar los tiempos de trabajo**, vinculado a la falta de tiempo personal en el desarrollo de la carpeta. Así, el entrevistado señala: *(FS_c2) Si yo hubiese trabajado con CAD, simplemente no hubiese llegado a la carpeta que entregué. Ésa es la realidad. [...] El factor de la rapidez fue clave en todo esto. Yo antes del Revit casi que no dormía para las entregas. Con Revit comencé a poder dormir tres o cuatro horas, todo por el tiempo que me ahorra. No es por el hecho que la herramienta me permite o me quite capacidades, sino por el uso del tiempo que te permite desarrollar. Para mí, es el uso del tiempo lo que hace diferente al BIM del resto de las herramientas digitales. Es el tiempo que te ahorras en no tener que estar haciendo los cortes, los detalles y las fachadas línea por línea. Es claro que el no tener que hacer esos dibujos no implica que no son tuyos. Simplemente cargas la información que se convierte en esos elementos. Así funciona. La información es importante, eso es indiscutible, pero yo creo que a la hora de desarrollar un proyecto lo que decanta la balanza es el tiempo.*

El concepto del **(c2) tiempo** también fue abordado por el resto de los entrevistados, aludiendo como otra de las características resaltables en el uso de la herramienta BIM para la conformación de proyectos de arquitectura. En tal sentido, uno de los entrevistados comenta: *(AE_c2) Cuando dibujas un muro lo puedes codificar y si no te gusta, con tres punteos lo cambias rápidamente. Eso te da una velocidad de proyecto, una capacidad de cambio mucho más rápida, qué te permite gastar tiempo para pensar en el proyecto. Una vez que aprendiste a codificar todos los elementos con que vas a trabajar: aberturas, techos, muros (o lo que sea) y eso lo tienes dibujado, con sólo dos clics puedes tener una planta, una fachada, un corte, un detalle lo que vos quieras o una imagen 3D. Al final, no tuviste que gastar horas dibujando, lo que invertiste fue en tiempo de proyecto.*

Como se observó en los comentarios del entrevistado, la idea del tiempo estuvo relacionada directamente con una mayor dedicación al diseño del proyecto arquitectónico en detrimento de horas de dibujo exclusivo de representación. Sin embargo, otro de ellos señala: *(DC_c2) El curso no buscaba quitar el aspecto estético a la hora de representar el proyecto, se entendía como una herramienta válida. Pero muchas veces le dedicamos demasiado tiempo a lo largo de la carrera. Perdemos horas intentando que una imagen sea hiperrealista, haciendo que luego tengamos que mentir ciertos ángulos, dimensiones y espacios.*

En este mismo sentido, continuando con la relación entre el tiempo y la herramienta BIM como un elemento potenciador del proyecto, un entrevistado comentó: *(NL_c2) La velocidad con que puedes avanzar en el programa es una de las características que te permite llegar a concretar en poco tiempo un proyecto, porque el tiempo lo usas en proyectar y no en dibujar. El dibujo es una consecuencia que se obtiene del modelo. Vos colocas algo y ya le puedes poner la información de cómo se va a ver, como es, etc. y eso facilita un 100% las cosas.*

También, otro de los entrevistados plantea: **(DC_c2)** *¿Cuántas veces te das cuenta tarde que algo no funciona, desde la perspectiva estructural, pero seguiste avanzando el proyecto de albañilería? Esta forma de trabajar te permitía darte cuenta de la viabilidad casi en tiempo real, haciendo que avances sobre lo seguro. (...) Eso nos daba la capacidad de poder avanzar en las cosas importantes del proyecto y no perder tiempo en verificar ideas que mueren en la nada.*

Según se pudo observar, uno de los aspectos positivos en el manejo del tiempo refirió, según comentaron los entrevistados, a la capacidad de ahondar sobre otros problemas poco comunes dentro del proyecto de final de carrera. En este sentido, el entrevistado destaca: **(DC_c2)** *Además, al avanzar muy rápido en la verificación estructural, podíamos profundizar sobre otros temas que son difíciles de ver en la carrera, como el viento, cálculos por punzonado, y muchas cosas más. Eran cursos enteros de facultad metidos en las correcciones, pero no enseñados desde un pizarrón de tiza, sino desde algo interactivo. Si uno los hubiese visto así en los cursos de la carrera, con la herramienta mediante, creo que quizá se pudieran haber entendido muchas más cosas. Veías la deformada de la estructura de tu proyecto en tiempo real y casi en el momento en que la diseñabas.*

Por otro lado, otra de las aproximaciones al manejo del *tiempo* dentro de la herramienta fue mencionado por un siguiente entrevistado: **(JT_c2)** *Por ejemplo, si yo quería ver el detalle de este pretil, donde estaba el encuentro de la cubierta con un vidriado, le tenía que dar zoom a ese sector y listo (luego de ponerle la escala y poca cosa más). La información, que es la base del BIM, ya estaba incorporada por mi previamente. Si eso lo piensas en AutoCAD, por más que el proyecto sea idéntico, ese proceso te lleva mucho más tiempo, porque tienes que dibujar vos mismo ese detalle. Aquí, el detalle es el resultado de la información incorporada y la relación entre las diferentes informaciones.*

Según se mencionó, la importancia entre la articulación de cada uno de los componentes del proyecto contenidos en el BIM permitió establecer una disminución de los tiempos de trabajo, generando un mejor resultado en relación con otras herramientas digitales representacionales. En este sentido, el entrevistado concluye: **(JT_c2)** *Cuando empiezas a meter el BIM, te das cuenta de las interferencias en las instalaciones de la eléctrica con la sanitaria y la estructura, o cualquier otra. Te ahorran muchísimo tiempo de pensar esos problemas. Esta forma de trabajo te permite resolver en el escritorio y no en la obra. En cambio, dentro de AutoCAD, esos temas lo terminas viendo, probablemente, en la obra, porque es muy difícil percatarse de los problemas entre los diferentes componentes. Más cuando el proyecto se complejiza.*

Por otro lado, además del cruce de información y su consecuencia a nivel del proyecto (comentado en los puntos anteriores), se observaron otras características vinculadas al **(c3) tratamiento de la información contenida en el modelo digital** que, a su vez, posibilitó tomar resoluciones de diseño. En este contexto, se contemplaron tres puntos diferentes en relación con la experiencia de los estudiantes: **(c3a) la característica real de la información resultante; (c3b) las posibilidades y facilidades de visualización**

de la herramienta digital y (c3c) las posibilidades y facilidades de modificación de la herramienta digital.

Respecto a la primera de las categorías mencionadas, **(c3a) la característica real de la información resultante**, es importante hacer una primera apreciación. Por las características de este tipo de herramientas, entendidas como una metodología que permite crear simulaciones digitales de diseño, (manejando coordinadamente toda la información que conlleva un proyecto de arquitectura), el proceso de creación arquitectónica tiene la capacidad de poder acercarse a una realidad construible. Un proyecto desarrollado bajo la metodología computacional puede incluir (como información) los productos o materiales reales que se utilizarán, como su geometría, su coste, sus características constructivas y hasta la información de contacto para adquirirlos en las etapas de construcción. Por otro lado, un diseño conformado en CAD no permite distinguir y dotar de información (con la profundidad desarrollada en el BIM) a los diferentes componentes que involucran el proyecto.

Esta particularidad asociada a los proyectos BIM, que permite cargar de información y relacionar cada uno de los elementos que componen un proyecto, posibilita que los resultados del proyecto se acerquen a una realidad construible. De ahí la constante referencia a lo *real* de la información resultante.

En este sentido, uno de los entrevistados informó: ***(JT_c3a)*** *Continuando con el tema de la sanitaria, recuerdo unos baños en el segundo nivel del proyecto. Si tú lo piensas desde el AutoCAD, lo que haces es generar una línea de dibujo desde el inodoro a la bajada, luego otra línea de la caja sifonada a ese mismo ramal, pero pasando por arriba de la primera, y así todo. Luego, en la obra resolverás cómo solucionar esa superposición, porque trabajas con datos y medidas estimadas. Para hacerlo exacto como en Revit tienen que dibujarlo todo en 3D de la misma manera que lo hicieras a mano, porque el CAD no trabaja los elementos de manera inteligente. El tiempo que te puede llevar eso es imposible. Ahora, en Revit esto es muy diferente porque tienes la caja sifonada que le llega un caño de una medida exacta, con un determinado ángulo, que pasa por un determinado lugar. Ya sabes específicamente donde está todo, por lo que si hay interferencias las sabes ahora y no en obra. Eso es lo interesante de la herramienta.*

Se observa como el tema de lo real en la herramienta digital se asocia a la imposibilidad (o dificultad) de mentir. Como se comentó anteriormente, el BIM trabaja con elementos inteligentes que presentan datos según sus características base (un inodoro no es el dibujo de un inodoro, sino un objeto donde se puede conectar un determinado abastecimiento de agua y desagüe, que además tiene una materialidad particular y unas características únicas). En este contexto, otro de los entrevistados señaló: ***(AE_c3a)*** *Poder ver cada uno de los componentes y de una manera rápida fue algo nuevo para mí, porque me ayudaba a pensar el proyecto. Además, todo lo que veía era real, todos los detalles que obtenía estaban bien y nada estaba inventado, todo funcionaba. (...) En el caso de los baños, lograr conectar los inodoros sin tener ángulos rectos fue un problema e hizo que la ubicación de los baños esté en relación con este aspecto. Porque en el Revit, si venís con un codo de 45 y*

no tienes el ángulo, no te conecta. No hay forma de mentir por qué no te lo dibuja. Con un caso similar, otro de los entrevistados comentó: **(NL_c3a)** *Si en esta situación tú no tienes modelado el caño, tal como tiene que ser, es muy difícil saber realmente si lo puedes pasar por ahí. En cambio, cuando tienes toda esa información cargada en el programa, tomar las resoluciones para saber por donde canalizar, son más rápidas y reales, porque te entra o no.*

Continuando con la idea de lo real de la herramienta, en referencia a la imposibilidad de mentir, uno de los entrevistados advirtió: **(JT_c3a)** *Lo que no puedes hacer dentro del Revit es mentir. No puedes hacer cosas que no van, porque siempre, en algún corte o fachada te salta. Por eso tienes que tener mucho cuidado y ser ordenado al trabajar. Además, esa potencialidad es una ventaja, pero una desventaja. Te permite darte cuenta de las vinculaciones entre los diversos componentes, pero todo tiene que estar bien hecho. Y eso lleva trabajo y esfuerzo. Además, el universitario asocia otro aspecto vinculado a lo real de la herramienta digital: *Todo esto nos da a entender que no solo es importante la estética en el diseño de la arquitectura, sino que se tienen que compatibilizar con las instalaciones (sanitaria, estructura, eléctrica, térmico, etc.). No es simplemente decir: voy a hacer una viga volada de 30m y después te das cuenta de que tienes que hacer el desagüe del baño, pero no tienes un lugar donde esconderlo o pasarlo. Todas estas cosas te lo permiten ver este tipo de herramientas, y lo importante que es en el momento del diseño y no después durante la obra. El BIM es pensar en obra. Es pensar en cómo se va construyendo, pero desde una etapa de creación, de diseño.**

Al mismo tiempo, otro de los entrevistados comentó: **(DN_c3a)** *Por ejemplo, en mi generación, todos metieron como 40 hojas de estructura. Hacer esto a mano, es imposible. Y nunca tan detallado, seguro y real. Aquí vuelve a aparecer la idea de lo real, en referencia al producto BIM, como un elemento diferenciador de la herramienta digital frente a otras lógicas de dibujo y proyectación. De esta manera, el entrevistado continua: *Nada es mentira, todo lo que ves en una lámina se replica en todas. La luz que esa luminaria genera es la real, no la mentimos en el Render. En mi caso, como tenía un cielorraso muy complejo, con líneas inclinadas, a las luminarias las coloqué en el 3D, para que se adaptaran al cielorraso, y luego las verificaba en la planta. [...] Si solo lo dibujas con líneas, siempre te entra, pero es mentira. Es importante tener el modelo para poder darte cuenta y actuar en consecuencia.**

Otra de las potencialidades del instrumento digital, consecuencia de la información incorporada al proyecto, refirió a **(c3b) las posibilidades y facilidades de visualización de la herramienta digital**. Según comentó uno de los entrevistados, desarrollar este proceso en otro ambiente de trabajo, por fuera de una lógica BIM, implicaría un costo mayor, no asegurando su correcta implementación. **(DN_c3b)** *Como en Revit puedes hacer secciones por todos lados (y de una manera tan fácil), vas a saber si las cosas pasan o no pasan. Si lo haces en AutoCAD es imposible de darte cuenta si esto choca con aquello. Acá, en esta lámina de detalle de sanitaria se ve este problema. Ves que la caja sifonada del baño con todos sus ductos tiene casi la misma dimensión que las vigas que forman el encasetonado. Si yo no tenía perfectamente dibujado este detalle, con sus dimensiones reales, esto no lo podía*

ver. Me daría cuenta en la obra, cuando ya es tarde. Al tener el modelo real, con sus dimensiones, la cosa cambia.

Según lo mencionado, se pudo observar cómo el entrevistado asoció el tema anterior, referido a la característica real de la información resultante, con la facilidad de visualización de la herramienta digital. Así, la relación entre dichos elementos permitió un mayor entendimiento del objeto arquitectónico proyectado, logrando implementar resoluciones de diseño basadas en información. El entrevistado concluye: **(DN_c3b)** *Si entiendes algo, te ayuda a diseñar mejor, te acerca. Por eso digo que el potencial de la aplicación está en los miles de maneras con que puedes ver el proyecto para entenderlo. Cuanta más información, más completo el resultado. [...] Proyectas en todas las vistas, saliendo de la típica forma de proyectar en planta que toda la vida tenemos en facultad. En este mismo sentido, otro de ellos subraya: **(DC_c3b)** Recuerdo un canalón de pluvial en el encuentro con la claraboya del patio central. Estoy seguro de que, si no lo modelaba en tres dimensiones, se podrían cometer varios errores, porque es difícil de entender dentro de la complejidad del proyecto. Eso te lo permite el Revit, no solo porque lo modela en el espacio, sino por lo real y preciso de lo modelado. (...) El modelar algo te abre más la perspectiva de la tercera dimensión. El dibujo es una forma de pensar. Tenemos la capacidad de pensar en tres dimensiones, pero cuando hay tantas cosas en juego, se complican esos nodos donde se dan las interferencias.*

Con una postura similar, otro de los entrevistados advirtió: **(AE_c3b)** *No sabría decirte si esta herramienta me hizo hacer un proyecto distinto al que podría haber hecho con CAD, lo que sí, me permitió visualizarlo de otra manera y eso hizo que le dedicara un tiempo al proyecto mucho mayor. Que me preocupara sobre las cosas importantes y no sólo sobre la expresión y el dibujo. Imagínate, yo no dibujé cortes ni fachadas, las pensé en proyecto, pensé en planta y obviamente las iba visualizando, pero nunca dibujé específicamente un corte. Cuando veía que la visualización en el alzado no me gustaba era porque el proyecto tenía un problema. Ésta fue la gran apertura de cabeza que me generó esta herramienta. Para el entrevistado, según lo comentado, también existió una relación entre las posibilidades de visualización de la herramienta digital (a partir de la información contenida en el modelo) y el grado de realidad del proyecto. **(AE_c3b)** *Para mí, poder visualizar todo el modelo estructural en una lámina fue brutal. Poder ver cada uno de los componentes y de una manera rápida fue algo nuevo para mí, porque me ayudaba a pensar el proyecto. Si yo no lo hubiese visualizado el proyecto con esta estrategia de trabajo BIM, posiblemente cualquiera de la distribución que tienen los elementos de la sanitaria o la estructura podrían haber sido totalmente diferentes y no tan reales (no quiero decir falsas). Te permite profundizar en el proyecto, permitiéndote visualizar realmente lo que estaba pasando y en el momento exacto. Además, capaz a todo el mundo le pasa, te apropias del proyecto, principalmente porque es real.**

Por último, uno de los universitarios afirmó: **(FS_c3b)** *Te digo la verdad, el uso del Revit me influyó (y me influye hoy día) por un tema de visualización. Cómo le puedes poner miles de cámaras en cualquier lado, donde automáticamente te tira una vista 3D, te permite visualizar el modelo integralmente y a partir de ahí tomar resoluciones de diseño. De esta manera, para lo que fue el desarrollo del proyecto de carpeta, influyó positivamente en la capacidad de ver*

y entender el proyecto. Aquí, según lo comentado, las posibilidades y facilidades vinculadas a la visualización fueron entendidas como el principal elemento diferenciador de la herramienta, permitiendo tomar resoluciones de diseño a partir de esta potencialidad.

Finalizando, la última de las características vinculada al tratamiento de la información contenida en el modelo digital, referida a **(c3c) las posibilidades y facilidades de modificación de la herramienta digital**, presentó una serie de especificidades con relación a la capacidad paramétrica de la herramienta digital. En este sentido, surgieron de las conversaciones diferentes alusiones sobre la facilidad de generar modificaciones al proyecto arquitectónico contenido dentro de un ambiente de trabajo BIM.

A tal efecto, uno de los entrevistados señaló: *(AE_c3c) Lo que veo muchas veces en el proceso de proyecto (que también me pasó a mí) es que venís con una idea, haces un croquis, lo pasas todo al CAD y con el tiempo te das cuenta de que no está tan bueno, pero te da una pereza enorme cambiar todo. Es así porque tienes que cambiar las plantas, los cortes, las fachadas, todo. Lo que hiciste durante meses no te sirve para nada. Entonces lo acomodamos un poco por acá y tratamos de que funcione. O por lo menos se acerque a la lógica de lo que el docente está queriendo.*

En cambio, la forma de trabajar con esta herramienta implica una lógica diferente. [...] Pero, una vez que vos tiras todo dentro del Revit, seguís siempre ahí. Por ejemplo, vos cuando dibujas un muro lo puedes codificar y si no te gusta, con tres punteos lo cambias rápidamente. Eso te da una velocidad de proyecto, una capacidad de cambio mucho más rápida, qué te permite gastar tiempo para pensar en el proyecto.

Cuántas veces, por ejemplo, hiciste un baño con todas sus baterías de bajadas (que es muy tedioso) y por un tema lo tienes que mover todo. Anda en CAD a cambiar todo eso, lo tienes que hacer de nuevo. Tienes que cambiar todos los planos dibujados, mano a mano, línea a línea. Y eso en un proyecto lo tienes constantemente. El tiempo invertido en esos cambios implica sacárselo a las etapas del proyecto y diseño. En cambio, cuando yo tengo el plano de albañilería conectado con el de sanitaria, una vez que en el plano de albañilería nuevo un muro la sanitaria se mueve con él. Si, tengo que mover todo lo que son las cañerías, pero la estructura del baño se movió todo como un conjunto inteligente. Cuando entras en esta lógica empiezas a pensar en el proyecto y no en el dibujo.

Se observa como los diferentes puntos mencionados por el entrevistado, acerca de las habilidades de modificación de la herramienta digital, están referidas a las capacidades paramétricas del software, en este caso Revit. Como definición, el método paramétrico es un proceso de diseño basado en un esquema algorítmico que permite expresar parámetros y reglas con el objetivo de definir, codificar y aclarar las relaciones entre los requerimientos del diseño y el diseño resultante (Jabi, 2013). Una de las principales características de este método es que no solo se idean los elementos básicos del sistema, sino que además se elaboran y programan los vínculos a través de funciones matemáticas. Además, se tiende a trabajar de manera solidaria como un todo. De esta forma, un cambio en uno de los parámetros afecta al resto de los parámetros y comandos

asociados (reacción en cadena), generando como resultado una actualización completa y al instante de todo el modelo (Arteta, 2017).

Se observó, por otra parte, como la posibilidad del cambio, facilitada por la herramienta digital, se encontró estrechamente vinculada con el aspecto del *tiempo* (mencionado anteriormente). Así, presentar un proyecto solidario entre sus diversos componentes digitales permite, según comentarios de los entrevistados, una mayor agilidad a la hora, no solo de representar la forma de una manera más eficiente, sino de analizar soluciones de diseño. En tal sentido, uno de ellos menciona: **(DN_c3c)** *Lo bueno de trabajar de esta forma es que todo se conecta. Por ejemplo, en esta lámina de eléctrica, las luminarias que están cargadas tienen una altura determinada, unas características de iluminación, un tipo determinado, etc., que luego ya te quedan para el 3D. [...] En mi caso, como tenía un cielorraso muy complejo, con líneas inclinadas, a las luminarias las coloqué en el 3D, para que se adaptaran al cielorraso, y luego las verificaba en la planta. Proyectas en todas las vistas, saliendo de la típica forma de proyectar en planta que toda la vida tenemos en facultad. [...] Si miras acá, en la lámina de las aberturas, vas a ver que muchas son diferentes. Para hacerlas, como te dije, utilicé la opción de masas, donde le puse masas por caras y si le cambiaba la cara se me cambiaba la abertura. Era automático, no tenía que pensar. Después, a las características del material de las aberturas les puse que sea fijo y por eso las etiquetas dicen todas vidrio fijo (“VF”). Lo hice así para hacerlo más rápido. No sé si está bien, pero me funcionó.*

De la misma forma, otro de los casos planteó: **(DC_c3c)** *Siempre estaba como telón de fondo la posibilidad del cambio. Sin embargo, se podía resolver y solucionar a partir de la vinculación con la herramienta digital. Era la gran aliada. Por otro lado, a lo largo de la carrera, esta posibilidad de cambio era algo condenatorio, porque si a determinada altura del proyecto el docente te decía que no iba por ahí, que cambiaras algo, el esfuerzo que tenías que hacer para dibujar todo de vuelta era tan grande que terminabas desanimado. Acá, en otro sentido, el cambio se llevaba como debe ser, como parte del proyecto, no como algo cerrado. [...] Varias veces me pasó tener que cambiar la altura de un piso, de las puertas, la disposición de las plantas, la relación con el entorno, un montón de cambios que con solo pensar de tener que hacerlos en CAD me hubiese sido imposible.*

También, **(NL_c3c)** mencionó: *El proyecto comenzó con una idea rectangular y terminó siendo un “ocho”. No es lo mismo que tu hagas un proyecto cuadrado en AutoCAD y después digas: lo voy a cambiar, que hacerlo en Revit. Las posibilidades de ir modificando de esta herramienta son muchos mayores, más dinámicas y naturales. El programa nos permitió salir de esa caja, ya que nosotras éramos muy “cuadradas”.*

En el presente punto, al igual que lo observado en el apartado anterior (acerca de la conformación y vinculación del proyecto arquitectónico dentro de las herramientas digitales) se observó una similitud entre todos los trabajos de carpeta estudiados en relación con el tratamiento de la información contenida en el modelo digital. Las razones, según lo conversado con los universitarios, estuvieron referidas a la forma en que lo digital fue vinculado al proyecto, desarrollándose desde el equipo docente hacia

los estudiantes, establecido como una postura de trabajo integral con el proyecto, y no como una forma de aprender un programa de computadora.

Sin embargo, para poder establecer el nivel de desarrollo de los proyectos dentro de la herramienta digital y entender la manera en que los estudiantes fueron atando los diferentes elementos, es imprescindible estudiar el modelo digital entregado. Por esta razón, en el siguiente capítulo se realizará una investigación documental sobre los archivos de las entregas de carpeta de los estudiantes entrevistados, buscando tener una imagen más integral del problema.

Como corolario del proceso de entrevistas en profundidad, desarrollado a los seis casos mencionados (ex estudiantes de TFC en los años 2018 y 2019), se expondrán una serie de **(c4) consideraciones generales sobre el uso de la herramienta digital**. Sin embargo, dichas apreciaciones no buscaron ser las conclusiones de un proceso de trabajo computacional, sino un estado de situación particular sobre una experiencia puntual en un curso de carpeta.

A tal efecto, se presentan un conjunto de reflexiones sobre diferentes temáticas y desde puntos de vista diversos. Así, algunos estudiantes se centraron sobre las potencialidades de la herramienta BIM en conformar un proyecto de arquitectura; otros se enfocaron en la discusión sobre el papel del docente y/o el estudiante a la hora de implementar los instrumentos digitales; mientras que otros se dedicaron a examinar el papel y pertinencia de los sistemas algorítmicos y representacionales en los diferentes tipos de proyectos de arquitectura.

En este contexto, se expusieron las transcripciones de los estudiantes de manera aislada, no estando categorizadas como en puntos anteriores, en la medida que no se pretendió englobar dichas reflexiones dentro de una temática en común.

(NL_c4) Me parece que esta forma de trabajar nos dio la posibilidad de diseñar más cosas. El vincular los diferentes componentes del modelo digital dentro del Revit nos ayudó a diseñar. Seguro que no fue solo representar. No fue que dijimos: el proyecto va a ser así, y acá solo venimos a dibujarlo. El programa nos permitió darnos cuenta de cosas que teníamos que mejorar, cambiar o repensar. Además, en nuestro caso pasamos de una caja cuadrada a esta cinta de moebius. En resumen, el programa nos ayudó a proyectar, además de poder dibujar.

(DN_c4) El nivel que cada uno tiene de Revit te permite explayarte a hacer más cosas. Es como te decía anteriormente, si vos sabes hacer masas, puedes hacer muchísimas cosas. En cambio, si no las sabes usar, quizá termines haciendo una caja cuadrada. La herramienta digital te da la posibilidad, pero está en nosotros saber utilizarla según los requerimientos que tengamos. A mi entender [...] el taller Comerci no se centra en la representación final, sino en el proyecto en sí. Entonces, todo el curso lo hicimos en base a mejorar el proyecto. La estética solamente está referenciada al proyecto y no a cómo van a salir las láminas. Se transformó todo en un juego de diseño. El proyecto se transformó por saber usar esa herramienta, pero no fue por

ella, sino porque esa herramienta me permitió expresar lo que yo quería y, además, de una forma sencilla y directa.

(DC_c4) Esta forma de trabajar, donde no se buscaba aprender un software, sino una manera de trabajar diferente a la que traíamos desde otros lugares de facultad, pretendía dejar de lado toda esa poética visual que tanto encanta en la carrera y que tantos otros talleres le dedican una cantidad de tiempo muy importante. Cómo si saliéramos de ahí para solo hacer publicaciones internacionales en revistas de arquitectura. Para el taller Comerci y el curso de TFC, la forma de trabajar estaba en el proyecto, por lo que había que dedicarle toda la energía a ese elemento. Yo creo que hay varios docentes que presentan mucha resistencia a la incorporación digital porque ven parte de su fracaso en eso. Quizá estoy siendo un poco duro. Nunca reconocen la potencialidad de la herramienta. Creen que algo que salió de un sistema digital no es arquitectura, porque piensan que el arquitecto no hizo nada o que la computadora les resolvió todo. [...] Por más que exista un programa muy potente y sofisticado, tú tienes que expandirlo. [...] Igualmente, algo que he visto mucho es como en el ámbito privado, dentro de los estudios de arquitectura, hay una resistencia muy importante a la hora de implementar la herramienta, principalmente porque el producto generado es un documento verdadero, que no miente. Uno sabe que dentro del CAD 2D si superponemos plantas, nada coincide con nada, o es más difícil que eso pase.

(AE_c4) Yo creo que hasta que no vengan las nuevas generaciones de docentes, de tu edad para abajo, de gente que venga con esta lógica de trabajo (no con la herramienta sino con otra cabeza de trabajo), los que van a seguir padeciendo son los alumnos. Porque si de arriba le bajan la directiva de que no, no hay forma de cambiar. Cuando por fin lleguen los alumnos que aprendieron de manera diferente, van a poder enseñar de manera diferente. Claro, no es una cuestión de herramientas, es una cuestión de conceptos. Las herramientas van y vienen. Imagínate, de nueve talleres que hay en la facultad, solamente uno trabaja utilizando estas estrategias digitales. Y no es un taller entero, es un curso de 15 personas dentro de un taller. Es insignificante y lo peor, inentendible. Por otro lado, también es inentendibles como talleres que históricamente en la facultad llevaban la bandera de lo visual, de la imagen, de lo tecnológico, no lo usan. Yo los miro y me parecen arcaicos. Es ilógico que hoy en día no lo usen, siendo que siempre se tildaron de avanzados. Tengo amigos que trabajaron en estudios de muchos docentes de talleres y me contaron que para tal o cual concurso en Dubái o en China terminaban haciendo las láminas en Photoshop. Todavía no puedo creerlo. Perdón, esto es una catarsis que hago.

(JT_c4) ... La duda que me genera esta forma de trabajar es la manera que yo tengo esa rápida respuesta volumétrica, que puedo tener en el SketchUp. Para mí, compatibilizar esa rapidez inicial con el BIM es lo más difícil, principalmente pensando en los primeros años de la carrera, donde lo experimental es fundamental. Se que se puede pasar las volumetrías del SketchUp al Revit, pero ese nexo es el que yo no estaría entendiendo mucho. Sin embargo, dentro de la vida profesional es fundamental aprender esta herramienta. Si bien en el anteproyecto no pasas al detalle de los espesores de los muros, por poner un ejemplo, si es importante incorporar algunas instalaciones porque ellas te pueden redefinir toda una fachada o un nivel entero. Por eso creo que es fundamental incorporarlas en este ámbito y lo más temprano posible.

Hablando más del tema de las debilidades que yo le encontré a esta forma de trabajo, cuando vas a arrancar un proyecto (tanto en el ámbito profesional como en facultad), piensas: si lo hago en Revit quedaría perfecto, pero como toda la vida trabajé en AutoCAD y lo manejo al toque, es fácil que te entre la duda. Es así porque en Revit tienes que ponerle un piense mayor, por lo menos en una primera etapa, pero tienen la enorme ventaja de su facilidad a la hora de generar información y cómo gestionarla. Lo bueno es que ahora existe una alternativa, otra herramienta más para complementar el trabajo del arquitecto. Si arrancas a trabajar completamente en AutoCAD, te parece más fácil, y creo que es así por la metodología de muchos años de trabajo en esta herramienta. Ahora, cuando empiezas a meter el BIM, te das cuenta de las interferencias en las instalaciones de la eléctrica con la sanitaria y la estructura, o cualquier otra. Te ahorran muchísimo tiempo de pensar esos problemas. Esta forma de trabajo te permite resolver en el escritorio y no en la obra. En cambio, dentro de AutoCAD, esos temas lo terminas viendo, probablemente, en la obra, porque es muy difícil percatarse de los problemas entre los diferentes componentes. Más cuando el proyecto se complejiza. Igualmente, creo que el manejar BIM es muy bueno para obras grandes, en donde quien ejecuta o participa del proyecto tiene esa cabeza de pensar en el todo. No así en las obras chicas donde muchas veces los constructores con suerte saben usar un escalímetro. Es importante poder balancear para saber en qué tipo de obras vale o no la pena invertir todo tu tiempo en armar un archivo BIM que sea excelente. Porque puede haber casos donde la escala y complejidad de la obra no amerita ese empleo de tiempo.

(FS_c4) *Si yo hubiese trabajado con CAD, simplemente no hubiese llegado a la carpeta que entregué. Ésa es la realidad. No es por el hecho que la herramienta me permite o me quite capacidades, sino por el uso del tiempo que te permite desarrollar. Para mí, es el uso del tiempo lo que hace diferente al BIM del resto de las herramientas digitales. Es el tiempo que te ahorras en no tener que estar haciendo los cortes, los detalles y las fachadas línea por línea. Es claro que el no tener que hacer esos dibujos no implica que no son tuyos. Simplemente tu cargas la información que se convierte en esos elementos. Así funciona. La información es importante, eso es indiscutible, pero yo creo que a la hora de desarrollar un proyecto lo que decanta la balanza es el tiempo.*

Al igual que los puntos anteriores, y con el único objetivo de facilitar la lectura ordenada de los puntos analizados y los datos observados, se presenta la siguiente tabla donde se resume todo lo indagado previamente.

Figura 12:

(c) La estrategia digital implementada y su incidencia dentro del proyecto desarrollado							
	(c1) Resoluciones de diseño a partir del diálogo entre componentes de información de las herramientas digitales		(c2) El concepto del tiempo como una característica resaltante en el uso de la herramienta digital	(c3) Tratamiento de la información contenida en el modelo digital			(c4) Consideraciones generales sobre el uso de la herramienta digital
	(c1a) Vinculación y relación de dos o más módulos de información	(c1b) Vinculación y relación de un único módulo de información		(c3a) Característica real de la información resultante	(c3b) Posibilidades y facilidades de visualización de la herramienta digital	(c3c) Posibilidades y facilidades de modificación de la herramienta digital.	
<i>DN</i>	///			///	///	///	<i>la relacion entre el proyecto y la herramienta digital</i>
<i>NL</i>	///		///	///			<i>las posibilidades de diseño vinculada a la herramienta digital</i>
<i>DC</i>	///		///		///	///	<i>el papel del docente y/o el estudiante a la hora de implementar los instrumentos digitales</i>
<i>FS</i>		///	///		///		<i>la relacion entre la herrameinta digital y el tiempo</i>
<i>AE</i>	///		///	///	///	///	<i>el presente y futuro de las nuevas generaciones de estudiantes y docentes en el manejo de las herrameintas digitales</i>
<i>JT</i>	///		///	///			<i>el papel y pertinencia de los sistemas algorimicos y representacionales en los diferentes tipos de proyectos de arquitectura</i>

Nota: cada una de las marcas o textos en la tabla corresponde con los puntos comentados por cada entrevistado. Como se observa, no todos los casos ubicaron sus proyectos en los mismos temas, en la medida que todos los trabajos analizados presentaron perfiles diferentes. Elaboración propia.

A lo largo de todo el proceso de las entrevistas, observado también en el último punto de reflexiones finales, la postura general de todos los casos indagados en referencia a la implementación digital en el marco del curso de TFC, independientemente de los fundamentos en que cada uno de ellos se vinculó al taller y de su proceso de trabajo en relación con las herramientas informáticas, fue altamente satisfactoria y les permitió (según sus propios comentarios) desarrollar un proyecto que, bajo otras circunstancias, no hubiese sido posible.

Las razones estuvieron vinculadas a muchos aspectos, las cuales fueron mencionadas previamente en los resultados y valoraciones de las entrevistas, pero es importante resaltar un elemento fundamental en la ecuación: la forma de trabajo aplicada desde el equipo docente. Según se comentó anteriormente, esta es una de las causas por la que se decidió trabajar en el taller, en la medida que la propuesta digital fue impartida por la propia cátedra y no desde los estudiantes (como se observó en el resto de los talleres), conformando un acercamiento a las lógicas de trabajo digital bajo un abordaje institucional (aunque únicamente esté circunscripto a un único curso dentro de un único taller).

6.7.2 FASE 2 - Investigación Documental

La siguiente fase, basada en una planificación metodológica para obtener la información necesaria y dar respuesta al objeto de estudio, consistió en la realización de una técnica de investigación documental aplicada a las entregas de proyectos de arquitectura (denominadas: carpetas) de los seis estudiantes seleccionados en el estudio de caso correspondiente a los trabajos del curso de TFC durante los años 2018 y 2019.

La utilización de ambos instrumentos de recolección de información (entrevistas en profundidad e investigación documental) procuraron ser un complemento metodológico con el objetivo de dar una solución más diversa y amplia al problema de investigación. Como se comentó, comprender la vinculación de los medios digitales en las etapas de proyecto de arquitectura implicó la necesidad de estudiarlos desde múltiples puntos de vista. De esta manera, el análisis y la interpretación del modelo digital a través de una investigación documental se consolidó como un elemento fundamental en el proceso investigativo según los objetivos de la tesis. Las razones estuvieron vinculadas, además de la experiencia de los estudiantes mediante las entrevistas en profundidad, a la posibilidad de indagar en el principal producto creado por los estudiantes durante el desarrollo del curso de TFC: **las entregas de los proyectos de arquitectura.**

La investigación documental (o de documentación), de acuerdo con sus características y virtudes, es un proceso sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos en relación con un determinado tema. Es una de las técnicas más utilizadas en la investigación social y, de acuerdo con el tipo de información que permite obtener, se presenta como una técnica de investigación cualitativa.

Según plantea Gil (2008), presenta similitudes con la investigación bibliográfica, en la medida que ambas utilizan el análisis de datos ya existentes. Sin embargo, la principal diferencia se presenta en el origen de los datos, en la medida que la investigación bibliografía se basa en materiales ya elaborados con el propósito de ser leídos, en cambio, la investigación documental utiliza documentos con diversas finalidades. Así, de acuerdo con las características complejas de los documentos a ser analizados (carpetas de proyectos de arquitectura), la información obtenida no proviene de un único instrumento como el texto, sino también de imágenes, recorridos virtuales, gráficos, dibujos, mapas, renders, cálculos, etc.

De esta manera, el proceso de investigación documental aplicado sobre las entregas de carpeta no fue reducido a un conjunto de referencias documentales o a la elaboración de resúmenes, sino que se indagó sobre la información recogida en las entregas desde una multiplicidad de perspectivas y posicionamientos. **En consecuencia, con el propósito de poner en evidencia las estrategias digitales implementadas dentro de**

las carpetas analizadas (observado en el punto 6.4.2.1), para posicionar al modelo digital dentro de una estructura de trabajo computacional, se buscó la conformación de una serie de categorías que permitan un proceso de interpretación y análisis de la información de los documentos y su posterior síntesis.

Sin embargo, previamente a la construcción de las categorías, es importante realizar un conjunto de aclaraciones referente al formato de los archivos solicitado como insumo de investigación a los estudiantes.

6.7.2.1 Tipo de formato de archivos

Un primer apunte en referencia a los documentos a examinar, que se desprende de la necesidad de estudiar la arquitectura digital, refiere al **formato**¹⁴ de la información solicitada a los estudiantes del estudio de caso.

De esta manera, además de los documentos finales entregados por los alumnos al equipo docente del taller para ser evaluado (compuesto por archivos en formato PDF¹⁵, JPG o impresos en papel), se contemplaron los **archivos maestros**, aquellos que contenían la información del proyecto. Dichos documentos constituyeron la base de los recaudos entregados como producto final, formados por archivos CAD, RVT, PLN, MAX¹⁶, entre otros.

Según plantea Oxman (1996), las interacciones que se producen entre el diseñador y los sistemas de representación varían según se trate de modelos digitales o dibujos en papel. Para la autora existen dos tipos de interacciones, una *interna* y otra *externa*. En la primera, la relación entre el diseñador y la forma se produce de manera indirecta, en la medida que se genera y representa a través de un medio, como los modelos digitales, donde la interacción es producida por una computadora. Por otro lado, en las interacciones *externas* se producen relaciones directas con la forma, en tanto que el diseñador la manipula y representa directamente. Cuando el proyectista dibuja en papel una forma, este interactúa directamente con ella, o en el caso de un modelo físico, con los materiales que se utilizaron para crear esa forma.

¹⁴ Un formato de archivo es un estándar que define la forma en que la información se organiza y se codifica en un archivo informático.

¹⁵ Portable Document Format (PDF). En español: formato de documento portátil. Es un formato de almacenamiento para documentos digitales independiente de plataformas de software o hardware utilizado.

¹⁶ Las siglas CAD, RVT, MAX, PLN responden a las extensiones de diferentes softwares que permiten la generación de un modelo digital.

De esta manera, en el caso del dibujo tradicional en papel, la producción de información generada por el proyectista se expresa mediante el dibujo de diseño, de representación y de producción. En cambio, cuando la información es producida por modelos digitales esta deja de generarse separadamente y se convierte en un modelo único de información, denominado **modelo digital**. Este modelo, basado en lo computacional, permite extraer una cantidad múltiple de representaciones a partir de un único modelo que contiene a todas. Un mismo modelo digital puede utilizarse en el proceso de ideación para modelar la forma, como también en el proceso de producción para la generación de plantas, secciones y alzados, así como también para generar *renders* y animaciones dentro del proceso de presentación. Del mismo modo, un modelo digital puede ser usado para producir un proyecto en forma manual (basado en la experiencia e imaginación del arquitecto) o aplicando el cálculo informático para producir la forma (Abondano, 2018).

Otra de las características distintivas del modelo digital refiere a la posibilidad de realizar cálculos para estimar costes, rendimientos energéticos, análisis de estructura, análisis lumínicos, cuantificar materiales, etc. Este grupo de evaluaciones requieren otros datos más allá de los atributos geométricos, como son los materiales, sus propiedades, atributos, etc. En cambio, un dibujo esquemático en papel no puede transformarse en un dibujo de presentación o producción, conformándose en un dibujo estático, en la medida que no trabaja con múltiples variables, siendo necesario su redibujado para transformarlo de un proceso a otro (Abondano, 2018).

Por consiguiente, si se estudia únicamente el producto final (ej.: una fachada impresa en papel), no siempre se podrá establecer si es el resultado de un modelo digital que contenía más información del proyecto (basado en método paramétrico y/o generativo), o es el resultado de un modelo creado exclusivamente para conformar ese recaudo (basado en un método representacional).

En este sentido, Lévy (1996) expresa que un texto impreso en papel, a pesar de estar generado por medios informáticos, no presenta características distintivas (reales o estéticas) de un texto escrito por los instrumentos tradicionales del siglo XIX. Por consiguiente, continúa el autor, los productos digitales solo podrán tener una *nueva plasticidad* si se encuentran en un medio diferente al papel, como puede ser la visualización en una pantalla u otros dispositivos interactivos. Si esto no sucede, concluye el autor, sería negar las potencialidades inherentes al sistema digital.

En consecuencia, con el objetivo de ahondar en el estudio de las estrategias de diseño digital (para establecer la vinculación entre la arquitectura y la digitalidad) se indagó sobre la información contenida en los modelos digitales de los archivos maestros que conformaron cada una de las entregas analizadas en el estudio de caso.

6.7.2.2 Conformación de categorías para el análisis

Una vez establecido el tipo de formato de archivo y con el propósito de facilitar la selección, organización, análisis e interpretación de la investigación documental, se gestaron una serie de categorías donde poder encasillar cada uno de los procesos digitales implementados en los diversos proyectos de arquitectura (denominadas entregas) del estudio de caso.

El objetivo en la producción de las categorías buscó ser un proceso analítico-sintético, en la medida que la información de las carpetas fue estudiada, interpretada y sintetizada con el propósito de dar lugar a un nuevo documento. De esta manera, se busca poner en evidencia aquellos elementos representativos del proyecto arquitectónico que, según el autor de la presente tesis, ayudan a posicionar al modelo digital dentro de una estructura de trabajo computacional. Así, la elección de cada una de las diferentes categorías busca estar ubicada dentro de un planteamiento de trabajo englobado bajo de una lógica digital.

Por otro lado, debido a la complejidad inherente en los documentos a ser analizados, (por tratarse de un modelo digital de arquitectura formado por textos, gráficos, dibujos, recorridos virtuales, renders, imágenes, cálculos, planillas, etc.), la conformación de las categorías a ejecutarse en la investigación documental buscó cubrir la elaboración, desarrollo e implementación del proyecto, en referencia a la arquitectura y la digitalidad, desde diferentes perspectivas: **(a) la etapa preliminar, (b) la etapa de desarrollo del modelo y (c) la etapa documental.**

Dentro de las **(a) etapas previas al inicio del proyecto**, referido al trabajo de gestión y organización, codificación de los parámetros a implementar, la conformación de categorías para el análisis de los documentos se desarrolló de la siguiente manera:

(a1) Organización y estructura del proyecto

– Gestión del navegador del proyecto:

Este punto tiene su equivalente en la habitual organización de las carpetas y archivos en la computadora o el archivador físico. En el transcurso del desarrollo del proyecto en un software de diseño digital, se generan vistas de todos los tipos, tablas y planos que se hace imprescindible otorgarles una organización en una estructura de árbol. Para ello, es posible crear parámetros personalizados con el fin de filtrar y agrupar según el propio criterio del usuario. Asimismo, estos parámetros pueden ser compartidos de un proyecto a otro, con el fin de repetir los filtros y agrupaciones.

– Criterios de codificación de vistas, niveles y planos:

Codificar las vistas, niveles o planos no hace que un proceso de trabajo sea más paramétrico, aunque sí más ordenado, lo cual es esperable bajo una estrategia de implementación proyectual arquitectónica. Sin embargo, dentro de un proceso de instrumentación computacional, la forma de organizar los metadatos se vuelve

indispensable como una manera de ordenar la cantidad y complejidad del flujo de trabajo.

_ Organización del modelo en *archivos máster* o *archivos independientes* para cada disciplina:

Refiere a la organización del trabajo y a las limitaciones del software y hardware disponibles. Estrictamente, el software soporta la carga aglutinada de todo lo que conlleva un proyecto en un único archivo digital, pero la práctica ha hecho que se tomen ciertos criterios de separación en diferentes ficheros por disciplinas. Esto responde a dos aspectos principales, por un lado, a la independencia de información necesaria cuando diferentes actores intervienen en el proceso de diseño (ingeniero estructural, sanitario, proyectista, etc.) y, por otro lado, a las limitaciones del hardware utilizado, en la medida que no está preparado para soportar grandes volúmenes de información, generando una ralentización de la respuesta del software a las órdenes del operador.

(a2) Información del proyecto

_ Incorporación de datos a los parámetros por defecto y generación de nuevos:

Todos los elementos del software, como los anotativos, de modelo o de referencia, poseen parámetros que en su creación pueden contener un valor por defecto, y según corresponda, se podrán cambiar (automática o manualmente) como también generar parámetros nuevos según se necesite. En la mayor parte de los casos, se podrá completar algunos parámetros que vienen por defecto, lo cual permite que en el desarrollo del proyecto se logren crear filtros y agrupaciones correctamente, así como extraer información relevante del tipo booleana, números, o textos; e indicarse en etiquetas, tablas o hojas de texto.

Un ejemplo son las vigas, que poseen un parámetro de función estructural, la cual se podría determinar a efectos de extraer vistas de vigas de una determinada función solamente, pero si el usuario no diferenció las mismas, y se mantuvo el valor por defecto en todas, ese filtro no tendrá sentido.

(a3) Ubicación del proyecto.

_ Utilización de georreferencias, norte proyecto y norte real:

Ubicar el proyecto en las coordenadas geográficas reales y orientarlo correctamente posibilita disponer de un insumo básico y potente a la hora de hacer evaluaciones térmicas, tanto naturales como artificiales, que van, por ejemplo, desde estudios de asoleamiento a análisis de balance térmico de los volúmenes.

Por otro lado, desde el punto de vista de la documentación, disponer el norte real configurado posibilita presentar vistas orientadas, tanto al *norte real* como también al *norte proyecto* (orientación elegida por el proyectista) sin mayor esfuerzo en tiempos de trabajo y en carga de información.

A su vez, dentro de la **(b) segunda etapa**, donde se ahondó en el **desarrollo e implementación del modelo** arquitectónico dentro de la herramienta digital, las informaciones que se indagaron estuvieron referidas a:

(b1) Economía de geometría y parámetros.

_ Desarrollo geométrico del modelo digital dentro de cada una de las etapas de diseño:

Es común suponer que, a mayor detalle geométrico en un elemento, mayor calidad del modelo o mayor y mejor información. Sin embargo, la geometría y sus parámetros asociados pueden diferenciarse, logrando una mayor abstracción geométrica en etapas o escalas de representación que así lo ameriten. Pueden existir casos en los que se llega al extremo de no existir geometría (visible y relacionada con elementos físicos a construir) unida a la información.

De esta manera, este punto buscó indagar si el grado de desarrollo o detalle de un elemento se realizó acorde con la etapa del diseño en que se encuentra y al uso que se le dará a ese modelo, sin que ello afecte a la cantidad de información entendida como parámetros en él.

(b2) Relaciones entre elementos.

_ Utilización de vinculaciones entre componentes geométricos constructivos:

Representa uno de los aspectos más importantes del trabajo con un software de modelado paramétrico, ya que además de usar y modelar elementos que representan componentes del mundo físico, también es posible vincularlos entre sí creando restricciones que permitan movimientos y reacciones en cadena cuando se modifica uno de ellos. Por tanto, el usuario define las reglas y el comportamiento de estas restricciones, asegurando una respuesta de todo el conjunto sin necesidad de acciones manuales y repetitivas, como esencialmente sucede en los sistemas basados en lógicas representacionales.

_ Vinculaciones entre componentes constructivos y rejillas:

Al igual que el apartado anterior, los elementos estructurales se pueden vincular a las rejillas (ejes), lo que posibilita el control conjunto de todos los elementos. Logrando una buena estructura de restricciones y vínculos entre elementos y referencias, es posible tomar un control más preciso del modelo, disminuyendo así los posibles errores presentes en un flujo de trabajo basado en cambios manuales.

_ Uniones geométricas entre componentes constructivos:

Esta función toma relevancia fundamentalmente en los aspectos gráficos y representativos del proyecto, así como a la hora de obtener cantidades de material a través de tablas de planificación. Por ejemplo: los elementos que representan vigas estructurales poseen parámetros que diferencian el largo analítico del *físico*; por lo que su correcto control trae importantes beneficios al momento de compartir modelos con fines de análisis estructural, así como la determinación de los largos de corte exactos para la fabricación y montaje.

(b3) Limitaciones del instrumento digital y buenas prácticas de modelado.

_ Gestión de capas materiales de los componentes modelados:

Este aspecto busca determinar la pertinencia de modelar de forma independiente las capas estructurales de los rellenos, contrapisos y pavimentos. Suelos, muros y cubiertas. A priori, los diferentes programas informáticos de diseño paramétrico permiten modelar todo el cerramiento en un único elemento, al cual se le asignan capas según su composición material. Sin embargo, dependiendo el tipo de proyecto, la escala, la cantidad de usuarios proyectistas, etc., puede ser conveniente implementar otras estrategias, como modelar independientemente la capa que corresponda a la estructura portante del edificio, o modelar de forma independiente las capas de revestimiento interior, manteniendo las capas portantes y de sustrato como un único elemento que no varía. Cualquiera sea la estrategia por utilizar, es imprescindible conocer las limitaciones del software en cada caso y tener presente el uso (los objetivos) que se le dará al modelo.

_ Correlación entre la herramienta de modelado utilizada y el elemento constructivo conformado:

Algunos elementos constructivos, por motivos de practicidad, se pueden modelar con una herramienta que no fue concebida a tal fin. Por ejemplo: modelar una reja de acceso con la herramienta barandilla, ya que permite una amplia parametrización. No obstante, se debe considerar que se clasificará como “barandilla”.

(b4) Completar parámetros básicos

_ Utilización de parámetros de identificación de elementos:

Existen ciertos elementos que por defecto poseen parámetros básicos esperando ser completados, ya sea a través de opciones predeterminadas o con la introducción de textos o números. Independientemente que se utilicen éstos o que se generen parámetros nuevos, su uso extendido y racional posibilita que durante el proceso de trabajo se puedan filtrar elementos a través de dichos parámetros. Por ejemplo, si en una vista determinada quisiéramos visualizar únicamente aquellos elementos que cumplen una función estructural, no basta con una selección de vigas, pilares y losas. Para el caso de los muros será necesario tenerlos diferenciados con algún parámetro a tal fin, de modo que se pueda filtrar aquellos que son de carga, los muros pantalla, y los tabiques, etc.

Por último, en la **etapa documental**, referida al proceso de generación de la documentación del modelo arquitectónico dentro de la herramienta digital, las informaciones que se buscaron estuvieron referidas a:

(c1) Plantillas de vista.

_ Utilización de configuraciones específicas para cada conjunto de piezas gráficas:

Es posible automatizar la etapa documental del proyecto en la herramienta digital. Con las plantillas de vista se pueden configurar y establecer todos aquellos parámetros que afectan a la visualización y representación de las vistas del proyecto, logrando replicar un estilo concreto a tantas vistas como se desee para unificar la gráfica en la presentación. Durante el proceso, con solo modificar centralmente ese paquete de

configuraciones, los cambios se verán reflejados automáticamente en todas las vistas en que fue aplicada.

(c2) Textos de etiquetas

_ Parametrización de etiquetas:

Las etiquetas son herramientas que el usuario puede crear según su necesidad, logrando que la misma lea información contenida en determinados parámetros y mostrándola a efectos documentales. Además, si la información de este parámetro cambia, la etiqueta actualiza automáticamente esa información. En flujos de trabajo más avanzados es posible etiquetar elementos que se encuentren vinculados desde otro archivo insertos en el fichero actual, con el objetivo de ser usado para generar toda la documentación gráfica. De esta manera, si el elemento cambia en su archivo de origen, en tiempo real (sincronización de por medio) se actualizarán las etiquetas, que en síntesis funcionan como un monitor de información.

(c3) Implementación de piezas CAD dentro del modelo

_ Vistas de detalles CAD vinculadas y referenciadas al proyecto:

Aún con el grado de madurez de los sistemas paramétricos, los dibujos desarrollados en programas basados en lógicas representacionales (por ejemplo: AutoCAD), siguen teniendo su lugar de relevancia. Los motivos son variados, pero se pueden identificar por cuestiones prácticas, en la medida que resulta más conveniente dibujar en 2D a determinadas escalas y detalles (economía de geometrías).

6.7.2.3 Procesamiento de la *Información Documental*

Con un procedimiento similar al desarrollado durante las entrevistas en profundidad, los resultados y valoraciones de la información documental se estructuraron a partir de analizar simultáneamente cada una de las categorías implementadas para todos los casos estudiados. Esta forma de valorar la información pretende obtener una visión global para cada uno de los puntos analizados, y en cada uno de los temas, con el propósito de apreciar los proyectos en relación con la arquitectura y la digitalidad, además de posicionar cada una de las carpetas en referencia al resto.

De esta manera, y a partir de la conformación de las categorías constituidas para el análisis, se confeccionó un conjunto de tablas (ver figuras 12, 13 y 14) donde se sintetizaron todas las observaciones a partir del estudio de los archivos maestros entregados por los seis estudiantes del estudio de caso. Dichas tablas funcionan como un condensador de información (en referencia al tema de estudio), sin embargo, las valoraciones se realizaron mediante un análisis en texto, en la medida que muchos de las observaciones no se podían sintetizar claramente a partir de un porcentaje, número u aseveración. Para todos los casos fue pertinente la realización de un proceso explicativo que matice y ponga en contexto las particularidades observadas.

Según se comentó previamente en el planteamiento de las categorías, la conformación de la **(a) etapa preliminar** respondió a un conjunto de aspectos relacionados a la organización, estructura e información del modelo digital del proyecto arquitectónico. Este punto no se vincula, necesariamente, con un proceso de trabajo BIM, sin embargo, constituir organizadamente un modelo digital se vuelve indispensable como una manera de abordar un flujo de trabajo con una alta carga de información, como es el caso de un proyecto de arquitectura.

El primer punto sobre el que se indagó, dentro de la **(a1) organización y estructura del proyecto**, fue la **(a1a) gestión del navegador del proyecto**. Dicho *navegador*, dentro del software Revit (programa informático utilizado por todos los estudiantes analizados), tiene la función de presentar una jerarquía lógica de todas las vistas, tablas de planificaciones, planos, grupos y cualquier componente que forme parte del proyecto en cuestión. De esta manera, en vez de trabajar con una estructura de carpetas complejas, el programa organiza la documentación a través de un árbol de información.

En este contexto, se observaron dos posturas, por un lado, los documentos que modificaron las características por defecto del *navegador* y, por otro lado, los documentos que mantuvieron y no gestionaron su jerarquía interna.

Dentro del primer grupo, formado por dos de las seis carpetas estudiadas (correspondiente a los casos de *NL_a1a* y *DN_a1a*), se advirtió que la disposición del *navegador* mantuvo un conjunto de similitudes para todos los casos: estar organizada por disciplinas (arquitectura, coordinación, electricidad, etc.) y contar con nombres, disposiciones y jerarquías similares. En este sentido, se puede intuir que desde el taller se les proporciona una forma de gestión y conformación de las vistas del proyecto. Por otro lado, al verificar las propiedades del *navegador de proyecto*, se constata la existencia de diversos parámetros de sub-disciplina. Esta manera de organizar el árbol del proyecto tiene como objetivo generar otras capas de organización, principalmente pensado para proyectos complejos y de gran tamaño (como es un proyecto de arquitectura). De esta manera, se observa que las dos carpetas mencionadas van un paso más allá y agregan capas extras de información, con el propósito de conformar una estructuración jerárquica de mayor profundidad en las vistas.

En el caso de *DN_a1a*, la carpeta fue organizada a partir de *disciplinas*, luego en *sub-disciplinas* y finalmente en *familias y tipo*. De todos los casos analizados, es la carpeta que presenta un mayor número de subcategorías, sin embargo, algunos rubros menores, como los *detalles de aluminio*, se encuentran en el mismo nivel que los *planos de eléctrica*. Este aspecto genera que la codificación de los nombres del árbol de jerarquías tenga que expresar esa diferencia (este punto se profundiza más adelante).

En la situación de *NL_a1a*, la estructura del *navegador de proyecto* presentó únicamente dos niveles, donde primero se agrupó por *disciplina* y luego por *familia* y *tipo*. Este aspecto genera que en cada una de las *sub-disciplinas* (por ejemplo: *planos de planta*, *vistas 3d*, *plantas de techo*, etc.) tengan que elaborar una multiplicidad de *vistas* que, en muchos casos, poco tienen que ver con la jerarquía de dicha categoría. A su vez, esta forma de trabajo determina que el proyecto sea difícil de entender y navegar en su estructura interna de información.

El segundo grupo (correspondiente a la gestión del *navegador de proyecto*) se conformó por los documentos que mantuvieron una **estructura organizativa y jerárquica predeterminada**. El árbol del proyecto por defecto dentro del software únicamente separa la información por familias (*planos estructurales*, *planos de planta*, *planos de techo*, etc.), haciendo que los documentos internos a dicha estructura estén volcados sin ningún orden establecido y sin la posibilidad de categorizar más que un solo nivel de información.

Para el ejemplo de *AE_a1a*, se advirtió que el documento base del trabajo presentó una estructura de organización por defecto, aspecto que lo colocó dentro de la presente categoría. Sin embargo, se observa que un segundo documento, correspondiente al proyecto de *sanitaria* (el trabajo se desarrolla a partir de archivos independientes, como se analizará más adelante), presenta una organización primaria del navegador de proyecto (con categorías y subcategorías). No obstante, a la hora de poder analizarlo, se decide situarlo dentro del presente grupo (estructura jerárquica por defecto), en la medida que el archivo base no presenta una organización, y es este documento el que se gestiona como *máster* de todo el proyecto. Por otro lado, tampoco presenta la incorporación de sub-categorías o parámetros cargados como se advirtió en los ejemplos anteriores.

Otro de los trabajos, correspondiente a *JT_a1a*, presentó características similares al caso anterior, pero con un conjunto de particularidades. Primero, utiliza la organización del navegador de proyecto por defecto, donde únicamente modifica la estructura del navegador para organizarlo por *disciplina* y luego por *familia* y *tipo*. Por otro lado, analizando los parámetros del proyecto, se puede entender que el estudiante reutiliza o incorpora configuraciones de otros archivos, en la medida que el documento presenta una cantidad de parámetros creados manualmente para clasificar las vistas, pero ninguno estaba en uso.

Los últimos dos documentos analizados, correspondientes a *DC_a1a* y a *FS_a1a*, se agruparon dentro de una misma estructura debido a que expusieron características idénticas en referencia al punto estudiado. En ambos casos no se advierte una gestión integral del *navegador del proyecto*, como tampoco la incorporación de categorías de jerarquías ni de parámetros de clasificación de vistas. Todas las variables incluidas

corresponden a elementos por defecto dados por el propio software, donde no existe ninguna gestión por parte de los estudiantes.

Antes de continuar, es importante realizar una serie de aclaraciones respecto a las dos últimas carpetas analizadas. En dichos trabajos se observó que el grado de avance, en referencia al proyecto de arquitectura, presentó un desfase con relación al resto de las carpetas estudiadas. Sin embargo, el propósito del presente estudio se encuentra referido a la vinculación entre la arquitectura y la digitalidad, donde el grado de avance del proyecto no es de relevancia para el correcto desarrollo del capítulo, sino la manera en que los estudiantes logran incorporar y gestionar las diversas estrategias digitales. De esta manera, todos los puntos estudiados dentro de este análisis documental se pueden aplicar a las diferentes etapas y avances del proyecto arquitectónico.

Un segundo punto sobre el que se ahondó, dentro de la **(a1) organización y estructura del proyecto**, refirió a los **(a1b) criterios de codificación de vistas, niveles y planos**. Según se comentó anteriormente, dentro del apartado de conformación de categorías, los criterios de codificación refirieron a dos aspectos, por un lado, a la forma en que los proyectistas planificaron la manera de nombrar a los componentes del navegador de proyecto y, por otro lado, a la correlación entre la nomenclatura utilizada y su vinculación con las diferentes vistas, niveles y planos desarrollados para el proyecto. Independientemente del criterio optado por los universitarios, es importante la existencia de una manera de codificar los elementos cargados en el modelo digital, en el entendido que se trabaja con un proyecto con una alta cantidad de información.

En este tema, a diferencia del caso anterior, se observó un criterio general basado en la ausencia de un planeamiento integral para nombrar y referenciar las diferentes vistas, niveles y planos del proyecto. Sin embargo, se identificaron cuatro casos donde, a pesar de no presentar un grado de profundidad importante, desarrollaron un **criterio básico e inicial de codificación**. En el resto de los ejemplos estudiados el planteamiento utilizado se basó en una **codificación exclusivamente por defecto**.

En el caso de **DN_a1b**, se observó que la codificación de los niveles presentó una correlación entre las diferentes vistas, planos o partes del proyecto, pero únicamente en el primer nivel del árbol de jerarquías. Por ejemplo, en las vistas de *cortes* la nomenclatura incluida en los diversos niveles corresponde con el nombre que se les da a las vistas en el *navegador de proyecto*. Este aspecto permite una rápida vinculación entre la información cargada al modelo digital y las diferentes vistas establecidas, logrando un pronto entendimiento de la información contenida en todo el modelo digital (debido a su codificación).

Sin embargo, como se comentó anteriormente, el grado de correlación entre el *navegador de proyecto* y los diferentes *documentos* generados se encontró únicamente en un primer nivel de categorías. Así, cuando se necesitó tener subcategorías dentro de

la categoría general, para poder organizar una *vista* en particular (por ejemplo: *planta alta muros*), la codificación se diluyó pues se presentó en el mismo nivel que el resto de las *plantas*, haciendo que la correlación general sea compleja de entender.

Para el ejemplo de *NL_a1b*, se verificaron dos aspectos relevantes en relación con el punto tratado. Primero, se observa la falta de un código intencional para identificar cada una de las informaciones incorporadas en las vistas, planos o niveles. Así, dentro de las vistas de *plano de planta*, algunos elementos son llamados *azotea vacía*, otros *CI* y otros *para arreglar techo*. La mezcla de diversas maneras de identificar la información presenta una modalidad aleatoria de codificación (principalmente descriptiva), donde es complejo encontrar un criterio común. Además, no se establece una correlación entre la nomenclatura del *navegador de proyecto* y los diferentes *documentos* generados. Por otro lado, se identifica la falta de una depuración en la información cargada, en la medida que se mezclan vistas (plantas, cortes, alzados, 3d) para entregar con vistas de prueba. Lo recomendable para estos casos es dividir los elementos *a documentar* y los de *trabajo*, logrando, de esta manera, una clara trazabilidad del proyecto.

Para el ejemplo de *AE_a1b* se observó, al igual que el de *DN_a1b*, una codificación existente únicamente en uno de los niveles de jerarquía del navegador de proyecto. Sin embargo, en el presente trabajo, dicha codificación no es consecuente en todos los estratos del proyecto. Así, se advierte que la información contenida en el *paquete documental* presenta una codificación diferente al *paquete de vistas del proyecto*. De acuerdo con la nomenclatura utilizada, la estructura de las *láminas documentales* se basa en un índice, donde las diferentes láminas se agrupan consecutivamente a partir de un orden numérico. Por otro lado, las *vistas del proyecto* mantienen una estructura diferente, donde su codificación responde a un esquema basado en diferenciar las vistas a partir de familias y tipos (*planos de estructura, planos de planta, planos de techo*, etc.). Lo previsto, dentro de una gestión integral del navegador de proyecto, es que el *paquete documental* establezca una lógica similar al *paquete de vistas*, contando, de esta manera, con una correlación en toda la información contenida en el modelo digital.

El siguiente caso, correspondiente al trabajo de *JT_a1b*, presentó características semejantes a las observadas en los ejemplos anteriores. De esta manera, se observa que la codificación utilizada en las *vistas del navegador de proyecto* se establece de manera muy diversa (principalmente descriptiva), donde es complejo encontrar un criterio común para cada uno de sus componentes. Además, no se advierte una correspondencia directa entre los nombres utilizados dentro de los *grupos de vistas* y los identificados en los planos. Por tanto, encontrar una correlación entre los múltiples componentes del modelo (desde el punto de vista de los criterios de codificación) se entiende como una faltante del proyecto digital. Por otro lado, al igual que el caso anterior (proyecto de *AE_a1b*) se dispone de una estructura de codificación diferente entre el *paquete documental* y el *paquete de vistas del proyecto*.

Por último, en los trabajos de *DC_a1b* y *FS_a1b*, perteneciente al segundo subgrupo de la presente categoría de análisis, se observó la ausencia de una codificación de vistas, niveles y planos. En ambos casos se identifica que el nombre propuesto para cada una de las vistas del *navegador de proyecto* (tanto para los *planos techo*, *planos de planta*, *vistas 3d*, etc.) se establece por *niveles*, que es la manera predeterminada que utiliza el software para nombrar los diferentes componentes del proyecto. Además, no se presenta una relación en la nomenclatura de los diversos elementos de las vistas del *navegador de proyecto* y los *gráficos*. Sin embargo, en la carpeta de *FS_a1b*, se advierte un indicio de codificación en algunos elementos de las *vistas*, pero sin una correlación en la nomenclatura entre los gráficos y las *vistas* del *navegador de proyecto*.

El último de los puntos, referido a la **(a1) organización y estructura del proyecto**, trató sobre la **(a1c) organización del modelo en archivos máster o archivos independientes para cada disciplina**.

El desarrollo de un modelo digital a partir de archivos independientes, dentro de la herramienta paramétrica (en el presente caso: Revit), tiene un perfil netamente vinculado al trabajo colaborativo, en la medida que permite un flujo de desarrollo para grandes cantidades de información, proveniente desde diferentes perfiles de profesionales. Por otro lado, una dinámica de trabajo a partir de un archivo único de trabajo, como es el *máster*, tiene un propósito más vinculado a trabajos de menor escala, donde toda la información puede ser manejada desde un único lugar y por un único integrante. En este caso, la única limitación puede estar presente en el hardware utilizado.

En este contexto, se podría suponer que, por tratarse de proyectos reducidos en integrantes (conformados por trabajos individuales o grupos de dos personas), la dinámica utilizada se vincularía más a desarrollar un único archivo de trabajo. Sin embargo, se encontraron tres perfiles de trabajos. Por un lado, aquellas carpetas que trabajaron **todo el modelo en un único archivo**, denominado *máster*. Luego, en un segundo grupo, los trabajos que utilizaron **varios archivos independientes, vinculado a un archivo máster** y, por último, las carpetas que trabajaron en **archivos independientes, pero con la lógica de un archivo máster**.

Dentro del primer grupo, conformado por los trabajos de *DN_a1c*, *DC_a1c* y *FS_a1c*, se observó un desarrollo del modelo digital a partir de un único archivo general. En el caso particular del trabajo de *DN_a1c*, dicho aspecto se nota significativamente cuando se abre el documento (de 102 MB de tamaño), en la medida que tarda un tiempo considerable en cargar toda la información. Pero, a pesar de tratarse de un documento muy grande, como el trabajo se desarrolla a partir de un único integrante, no se entiende necesario tener que trabajar a partir de documentos independientes más pequeños. El software está pensado y programado para funcionar con ambas dinámicas. Sin embargo, en la práctica es más fácil trabajar con archivos separados (aspecto comentado durante

la entrevistas), en la medida que la información de los vínculos externos a los que se está trabajando no pesan (desde el punto de vista de la carga poligonal) dentro de mi archivo, pero si está presente su información incrustada en el documento general. Los puedo ver e interactuar, pero no editar.

A diferencia de los casos anteriores, la organización del modelo desarrollado por *AE_a1c* presentó una estructura a partir de un archivo general, que contenía el modelo de arquitectura, y diferentes archivos vinculados, específicamente dos: *acondicionamiento artificial* y el *acondicionamiento sanitario*. Sin embargo, el uso del archivo independiente solo se registra desde el punto de vista del trabajo en cada disciplina del proyecto y no en la documentación generada. De esta manera, se advierte que el paquete documental del modelo de *acondicionamiento artificial* y de *sanitaria* se imprime desde cada archivo *independiente* y no desde el archivo *general*. Organizativamente, esta manera de trabajar la documentación no es la esperable en una estructura compleja de información como un proyecto de arquitectura.

Otra de las carpetas que utilizó una dinámica de archivos independientes, al igual que el caso anterior, fue el trabajo de *JT_a1c*. Sin embargo, el documento al que pudimos acceder contaba únicamente con la propuesta de arquitectura. Al investigar sus archivos vinculados no se localiza rastro alguno, pero las láminas del *acondicionamiento sanitario* (entregadas en formato PDF) se desarrollan en Revit. Ese aspecto da a entender que el estudiante trabaja con un archivo *máster*, pero no vincula los diferentes archivos *independientes*, Además, según la información contenida en el navegador del proyecto, las láminas son impresas desde cada archivo *independiente* y no desde el *máster*.

En la carpeta de *NL_a1c*, la dinámica de trabajo presentó una particularidad que la diferenció del resto de las entregas. El proyecto se trabaja a partir de archivos *independientes*, pero bajo una lógica de archivos *máster*, donde cada uno de ellos presenta un avance particular en alguno de los módulos del proyecto, pero sin estar vinculados a un archivo global. Esto genera la aparición de información duplicada, donde es difícil verificar el modelo digital más avanzado según cada uno de los módulos. Esta particular manera de trabajar implicó que todos los puntos observados en el presente análisis documental se tuvieron que verificar para cada uno de los archivos *máster* entregados de la carpeta.

Un siguiente punto de análisis dentro de la **(a) etapa preliminar**, denominada **(a2) información del proyecto**, refirió a la **(a2a) incorporación de datos a los parámetros por defecto y generación de nuevos**.

Con el objetivo de realizar una correcta trazabilidad de la información contenida en el modelo digital, incorporar y organizar los datos a los parámetros por defecto del proyecto resulta una tarea central. En el caso contrario, la información contenida del

modelo digital no logra asociarse con aquellos elementos que lo vinculan al mundo físico, como su dirección, padrón, cliente, propietario, etc. Además, como cada vez se imprimen menos planos (también en los proyectos de carpeta), la forma tradicional de salvaguardar los documentos ha cambiado, transformándose los modelos digitales en base de datos, donde además de incorporar gráficos, son contenedores de información.

Sin embargo, se entiende que estamos analizando proyectos de carpeta para un trabajo final de carrera, donde este punto se puede considerar de baja trascendencia. Pero, en base a la experiencia de analizar los presentes documentos, y no encontrar (mayoritariamente) información incorporada a los parámetros por defecto, resultó complejo entender muchos de los aspectos básicos del modelo digital, llegando en algunos casos a no saber a quién pertenecía el trabajo (porque la carpeta contenedora del archivo presentaba un nombre genérico).

En este ámbito, donde se observó una insuficiencia de datos incorporados a los parámetros por defecto, se presentaron algunas particularidades que es importante resaltar. Por un lado, se identifican cuatro carpetas, pertenecientes a *AE_a2a*, *JT_a2a*, *DC_a2a* y *FS_a2a*, donde los datos contenidos en la *información del proyecto* se presentan por defecto, en la medida que son los establecidos por el propio software Revit. Además, no se carga ningún dato nuevo y los que se presentan por defecto no se completan. De esta manera, se puede intuir que los estudiantes utilizan una plantilla desde cero porque todos los datos están en blanco y los *parámetros de proyecto* se encuentran vacíos.

Las dos carpetas restantes, de los universitarios *NL_a2a* y *DN_a2a*, presentaron una misma insuficiencia en la carga de información que los casos anteriores, pero se observó la presencia de parámetros de proyecto con valores cargados, lo que hace pensar que usaron o reciclaron una plantilla. Este aspecto da a entender que dichos trabajos basan su estructura a partir de otras carpetas, donde toman sus *plantillas* con el objetivo de facilitar algunas configuraciones particulares. Sin embargo, los datos generados por dichas *plantillas* no se completaron ni editaron con el objetivo de adaptarse a la situación particular de cada una de las carpetas. Además, como consecuencia de este proceso, se advierte la presencia de datos residuales que inflaron el proyecto con información innecesaria. En consecuencia, si no se trabaja con una plantilla hecha a medida (sea propia o modificando una existente), manejar y gestionar el caudal de información se vuelve incontrolable, perdiendo, en algunos casos, el hilo de los datos.

Dentro del último punto de la **(a) etapa preliminar**, titulada **(a3) ubicación del proyecto**, se indagó acerca de la **(a3a) utilización de georreferencias, norte proyecto y norte real**. Como se comentó dentro del capítulo de conformación de categorías, estructurar el trabajo a partir del presente punto permitió evaluar una serie de aspectos fundamentales a la hora de organizar y gestionar el modelo digital.

Del total de las carpetas analizadas, se observó que una sola de ellas, perteneciente a *DN_a3a*, gestionó el apartado de las georreferencias. Ubicar el proyecto en las coordenadas geográficas específicas permite al usuario obtener los valores promedios de variables climáticas. Por otro lado, en el resto de las carpetas indagadas (propiedad de *NL_a3a*, *AE_a3a*, *JT_a3a*, *DC_a3a* y *FS_a3a*) no se observa una gestión en la ubicación real, imposibilitando, de esta manera, disponer de un insumo básico a la hora de hacer evaluaciones térmicas, tanto naturales como artificiales.

Con respecto a la gestión del *norte real* y *norte proyecto*, se observó que todos los trabajos presentaron dificultades a la hora de su aplicación, en la medida que no fue incluido correctamente. Sin embargo, existieron diversos matices en cada una de las carpetas analizadas. Para el caso de *DN_a3a*, se observa una gestión del *norte real*, donde se presenta una configuración primaria, pero a la hora de analizar su aplicación se advierte algún problema porque el mismo *norte proyecto* presenta orientaciones diferentes según cada vista seleccionada. Dos plantas configuradas con un mismo *norte proyecto* deberían tener la misma orientación. Esto indica que el *norte real* no está gestionado (aunque sí incorporado) y que alguna de las láminas observadas no es correcta (desde el punto de vista del elemento analizado).

Un caso similar se observó en la carpeta de *AE_a3a*, donde el *norte real* se estableció en la lámina de ubicación, pero al verificar sus características, se advirtió la falta de una correspondencia con el *norte real* según la ubicación del proyecto. Además, la configuración realizada para el *norte real* no se utiliza a los efectos documentales, únicamente se aplica en la lámina de ubicación. Para el resto de las vistas, la orientación se desarrolla manualmente.

En el resto de las carpetas analizadas, pertenecientes *NL_a3a*, *JT_a3a*, *DC_a3a* y *FS_a3a*, además de no gestionarse las georreferencias, tampoco se configuró ningún aspecto referido al *norte proyecto* y *norte real*. La orientación de las vistas responde a una decisión de los proyectistas, donde se observa una incorporación manual para cada una de las vistas del modelo digital.

Al igual que en la fase 1, y con el único objetivo de facilitar la lectura ordenada de los datos observados y los puntos analizados, se presenta la siguiente tabla donde se resume y clasifica lo indagado previamente.

Figura 13:

(a) Etapa preliminar										
(a1) Organización y estructura del proyecto							(a2) Información del proyecto		(a3) Ubicación del proyecto.	
(a1a) Gestión del navegador del proyecto		(a1b) Criterios de codificación de vistas, niveles y planos		(a1c) Organización del modelo en archivos máster o archivos independientes para cada disciplina			Incorporación de datos a los parámetros por defecto y generación de nuevos		Utilización de georreferencias, norte proyecto y norte real	
Modificación de las características por defecto del navegador	Estructura organizativa y jerárquica predeterminada	Criterio básico e inicial de codificación	Codificación exclusivamente por defecto	Todo el modelo en un único archivo (máster)	Varios archivos independientes, vinculado a un archivo máster	Archivos independientes, pero con la lógica de un archivo máster	Datos por defecto contenidos en la información del proyecto	Plantillas cargadas en los parámetros del proyecto	Gestión de las georreferencias, norte proyecto y norte real	Ausencia de gestión de las georreferencias, norte proyecto y norte real
DN	X		X		X			X	X	
NL	X		X			X		X		X
AE		X	X			X	X			X
JT		X	X			X	X			X
DC		X		X	X		X			X
FS		X		X	X		X			X

Nota: cada una de las marcas corresponde al lugar donde se ubica, a partir del análisis, las diferentes carpetas según el punto tratado. Elaboración propia.

Una vez finalizada la **etapa preliminar**, se procedió a analizar la **(b) etapa de desarrollo del modelo**, donde se observó la estrategia de implementación del modelo arquitectónico dentro de la herramienta digital. En este punto, con el objetivo de analizar la información a partir de diferentes perspectivas, se desarrollaron una serie de temas: **(b1) economía de geometría y parámetros; (b2) relaciones entre elementos; (b3) limitaciones del instrumento digital y buenas prácticas de modelado y; (b4) completar parámetros básicos.**

El primer tema sobre el que se indagó, **(b1) economía de geometría y parámetros**, se estudió a partir del **(b1a) desarrollo geométrico del modelo digital dentro de cada una de las etapas de diseño**. Como se comentó en el apartado de conformación de categorías, este punto buscó indagar si el grado de desarrollo o detalle de un elemento del proyecto ha sido realizado acorde con la etapa del diseño en la que se encontró y al uso que se le dio a ese modelo. De esta manera, se toma como posibilidad analizar, para los seis casos de estudio, una serie de *familias* del proyecto (muros, mobiliarios, etc.) y observar las características de los parámetros de datos y gráficos incorporados en ellos. El objetivo no busca analizar todas las *familias* de cada una de las carpetas, en la medida que es una tarea inmensa, sino tomar una o dos *familias* representativas para cada uno de los proyectos.

Dentro del Revit (software utilizado por todos los estudiantes analizados), una *familia* es cualquier elemento que se puede incluir en un modelo determinado (por ejemplo: un muro, una cubierta, una puerta, una etiqueta, un texto, un plano de referencia, ejes, etc.). Cada familia tiene una representación gráfica y una serie de parámetros que la definen. Además de las *familias del sistema* (que son las que el propio software trae incorporadas) existen las *familias cargables* (creadas fuera del programa), que generalmente se obtienen de internet. Dichas familias disponen la característica de estar desarrolladas de maneras muy diversas, presentando en la mayoría de los casos una

cantidad importante de parámetros y geometrías incrustadas. Esto no implica que dichos datos no sean útiles, en la medida que te dan la posibilidad de un conjunto de configuraciones muy variadas (desde lo geométrico hasta lo informativo). Sin embargo, incorporar información no relevante para el tipo de proyecto que se está desarrollando (como pueden ser los trabajos de carpeta de estudiantes de arquitectura), genera un desfase en el grado de información contenida en los diferentes elementos del modelo digital. Por ejemplo, puedo tener una *familia de mobiliarios* con todos sus detalles y datos incorporados (desde los datos del fabricante hasta los tornillos modelados), pero aplicado a un proyecto de arquitectura que lo único que necesita en esta etapa es una silla para mostrar en un documento a escala 1:100. En consecuencia, tengo una cantidad de información que no se necesita y no se utiliza.

En relación con este punto, para el caso de la carpeta de *DN_b1a*, se analizó una *familia cargable*, particularmente una puerta, donde se observó un conjunto variado y extenso de parámetros, desde *datos de identidad y datos analíticos* hasta *parámetros IFC* (formato de datos que permite el intercambio de un modelo informativo sin la pérdida de datos). Este conjunto de parámetros no viene incluido por defecto en las familias de Revit, y se entiende que su aplicación (para el caso de un proyecto TFC) no es necesaria, en la medida que los datos que permite obtener son utilizados en proyectos y/o situaciones específicas. De esta manera, existe una cantidad de información cargada en el modelo digital que no genera utilidad en la presente etapa del proyecto. No obstante, dentro de los parámetros de datos observados para la puerta analizada, el único donde se advierte una aplicación real en el modelo es la *marca de tipo* (que especifica el tipo de puerta, por ejemplo: C6). El resto de los parámetros cargados para dicha familia nunca fueron leídos por ningún componente del sistema y, por lo tanto, aplicados.

Por otro lado, la capacidad gráfica observada en la *familia* indagada presentó una cantidad de polígonos muy grande. Desde el punto de vista del proyecto, dicha cantidad de información gráfica no presenta utilidad alguna, dado que la puerta únicamente es empleada en láminas a escala 1:100 y 1:200. Igualmente, se puede deducir que la finalidad de dicha carga gráfica es parte de un insumo para la realización del render final del proyecto (aunque existen soluciones alternativas para estos casos).

Otro elemento destacable de la carpeta de *DN_b1a*, continuando con el presente punto, refirió a la forma en que el estudiante representó la información de ciertas *familias* según las características de la vista donde se estableció. De esta manera, al analizar una *familia de muro arquitectónico* en las vistas de *presentación del proyecto*, se observa un caso relativamente atípico (desde el punto de vista del manejo de la herramienta digital para un usuario no avanzado), donde se establece un *filtro* con el objetivo de sobrescribir diferentes características visuales en determinadas categorías. La aplicación de un *filtro* implica la creación de reglas, donde se deben identificar los elementos mediante valores de parámetros de las categorías seleccionadas. Por lo tanto, se tienen que conocer los parámetros y tenerlos ya incorporados en el modelo digital,

con el propósito de saber cuál de ellos comparten determinados elementos y poder clasificarlos. Esta estrategia, mediante el uso de *filtros*, es útil en los casos donde tengo que aplicar una determinada visualización sobre vistas particulares, sin tener que ir muro por muro configurando de qué manera se va a visualizar.

En conclusión, se observó una gestión inteligente de la economía de parámetros, en la medida que cada elemento se comportó visualmente diferente según en qué vista se localizó, pero manteniendo toda la información (por ejemplo: características terminas, constructivas, materiales, etc.) dentro de sus parámetros. Esta es una de las particularidades resaltables de un sistema de trabajo paramétrico, donde el modelo digital contiene toda la información del proyecto (base de datos), y cada una de las *vistas* puede seleccionar que elementos mostrar. Así, aunque algo no se manifieste en dicha vista, no implica que la información no exista.

La carpeta de *NL_b1a* presentó un desarrollo general de la información contenida en los elementos del proyecto con características similares a las comentadas en el caso anterior. Sin embargo, indagando en los diferentes grupos de *familias*, en algunos casos particulares (como las *familias de mesas* para las aulas y las *familias de mobiliarios* exteriores) se observa un tratamiento diferente de los datos incorporados. En estos casos, la información implícita en las propiedades de dichas *familias* se presenta depurada, donde se retira parte de los datos irrelevantes para la presente etapa del proyecto. Igualmente, algunos datos (como dirección del fabricante, teléfono, sitio web, entre otros) continuaron presentes, aspecto que da a entender que las familias utilizadas son descargadas de internet, pero manipuladas posteriormente por el proyectista. De esta manera, desde el punto de vista de los datos y geometrías incorporados, las *familias* analizadas previamente se encuentran en concordancia con el nivel general observado de todo el proyecto.

Por otro lado, también se presentaron casos de *familias cargables* (como aparatos sanitarios, de cocina o heladeras) donde se observó que, de la misma manera que el proyecto anterior, se habían incorporado una cantidad de datos e información gráfica, aspecto que presentó una disonancia con el resto de los elementos de las láminas del proyecto. Por ejemplo, en una de las vistas de *Planta Baja*, a escala 1:250, se presentan los bloques de cocina y heladera con todos sus detalles (modelado hasta la perilla de la hornalla) pero los muros están conformados con dos líneas paralelas. Esa diferencia en la cantidad de datos evidencia un desbalance en la información gráfica vinculada al proyecto.

Para la carpeta de *AE_b1a* la relación entre el grado de desarrollo geométrico y la etapa del diseño donde se ubicó el proyecto se observó dentro de una lámina de *presentación general* del programa arquitectónico. Dicha lámina presenta el objetivo de mostrar, a partir de una proyección isométrica, todo el proyecto a un nivel esquemático. Se hace hincapié en las volumetrías generales y las espacialidades, por lo que no es una lámina

técnica (propia de una etapa de proyecto ejecutivo). Este aspecto determina el uso, por parte del estudiante, de ciertos recursos gráficos para representar el modelo digital acorde a este tipo de presentación, donde se tienen que generar abstracciones gráficas al modelo digital base. A diferencia de lo observado en el caso de **DN_b1a**, donde es aplicado un *filtro*, en el actual ejemplo se utiliza una serie de *plantillas de vista* (conjunto de propiedades de la vista, por ejemplo: escala de vista, disciplina, nivel de detalle y configuración de visibilidad).

El tratamiento de la representación del modelo digital para el caso particular de la lámina de estudio se observó, por ejemplo, en el caso del sistema de parasoles exteriores. Mientras que en el resto de las láminas dicho elemento es representado con un nivel de detalle elevado, mostrando sus diversos componentes constructivos, en la presente vista se muestra simplificado y utilizando un conjunto de colores, como terminación superficial. No obstante, se observa que los muros perimetrales representan todas sus capas interiores, graficando cada uno de los elementos constructivos incorporados para dicho elemento. De esta manera, se advierte un desbalance entre las diferentes cargas gráfica incorporadas a la vista.

Por otra parte, dentro de la lámina de ubicación a escala 1:500 se presentó un caso idéntico a lo visto en las carpetas de **DN_b1a** y **NL_b1a**. De esta manera, los muros son representados como líneas paralelas (aspecto que se entiende adecuado a este nivel de escala), mientras que los mobiliarios exteriores (pertenecientes a una *familia x*) tienen un nivel de detalle de una lámina a escala 1:5. Esto se debe a que el bloque utilizado es una *familia cargable* con toda la información gráfica y de datos pensada para una lámina técnica de detalle, no para una lámina de ubicación.

Los tres últimos documentos analizados, pertenecientes a las carpetas de **JT_b1a**, **DC_b1a** y **FS_b1a**, se expondrán conjuntamente en la medida que presentaron características similares en relación con el punto tratado. A su vez, muchos de los comentarios generales establecidos para los casos anteriores se aplican dentro de dichas carpetas. De esta manera, a partir del análisis de un conjunto de láminas de *presentación volumétrica del proyecto* se observa un tratamiento gráfico de los diversos componentes acorde a las características de la etapa de diseño donde se ubica el trabajo. Sin embargo, cada una de las carpetas presenta cierta variación que determina su particularidad.

Por ejemplo, en el caso de **JT_b1a**, al analizar los componentes arquitectónicos graficados, como son los *muros* o *suelos*, se constató que dichos elementos estuvieron conformados por dos líneas paralelas y un relleno. De esta forma, no se graficaron, a diferencia del caso anterior, las diversas capas de muros, aspecto que se entendió como adecuado según el tipo de lámina desarrollada. Igualmente, un problema que se observa en las presentes láminas es el tratamiento gráfico implementado en diversas *familias cargables*. Dichas *familias* (descargadas de internet) presentan una cantidad de información gráfica y de datos propia de una lámina técnica a una escala menor y para

otra etapa del proceso de diseño. Por otra parte, cuando se investiga el conjunto de láminas técnicas, como el *corte A-A* a escala 1:100 o la *planta baja* a escala 1:150, se observa un provechoso tratamiento de la información contenida en las diversas *familias del sistema*, como muros o losas.

En los casos de *FS_b1a* y *DC_b1a*, el tratamiento general observado en la lámina de *presentación del proyecto* se entendió acorde a la etapa de diseño en que se encontró el trabajo (principalmente en las *familias del sistema*: como muros y losas). Sin embargo, al igual que los casos anteriores, la existencia de *familias cargables* presenta un grado de información gráfica superior al resto de los componentes de la *vista*. En la carpeta de *FS_b1a*, se puede observar dicho elemento a partir de un conjunto de *cerchas estructurales* que conforman el cerramiento superior del proyecto, en la medida que su carga gráfica se observa superior a la *vista* en donde se encuentra. Sin embargo, la diferencia con el resto de los trabajos se basó en que el universitario diseñó dichas *familias* (no la descargó de internet), pero su desarrollo se conformó a partir de una extrusión, no presentando características paramétricas. Esto determina que, frente a una modificación, el elemento diseñado no acompaña los cambios del resto de los elementos paramétricos (este punto se trabajará más adelante).

Por otro lado, en el caso de *DC_b1a*, se observó que el tratamiento gráfico de la preexistencia (en la medida que el proyecto es un reciclaje) presentó un grado de detalle superior al observado en las diversas vistas del proyecto, principalmente en los cortes o láminas generales. Igualmente, de la misma manera que el caso anterior, dicha *familia cargable* se desarrolla por el propio estudiante, aspecto que determina un control en los datos cargados dentro de las propiedades de la *familia*.

El segundo punto de la **(b) etapa de desarrollo del modelo**, denominado **(b2) relaciones entre elementos**, buscó analizar cómo los diferentes componentes gráficos del modelo digital se relacionan entre sí dentro de la herramienta paramétrica. Para desarrollar el presente estudio, a partir de diferentes enfoques, la temática se dividió en tres puntos: **(b2a) utilización de vinculaciones entre componentes geométricos constructivos**; **(b2b) vinculaciones entre componentes constructivos y rejillas y**; **(b2c) uniones geométricas entre componentes constructivos**.

Todos los elementos constructivos que forman parte del modelo digital se pueden vincular a partir de diversos tipos de restricciones, donde se establecen las relaciones y dependencias entre los elementos. No obstante, el principal propósito que se busca a la hora de desarrollar las vinculaciones es establecer un funcionamiento integral del modelo digital, donde el cambio en un componente cualquiera (como puede ser un pilar, un muro o un techo) pueda ser acompañado por los elementos en relación con él. En este sentido, si muevo la altura de un piso, lo que espero es que los cerramientos que apoyan en ese piso se muevan con él, evitando que el proyectista tenga que generar

dicho cambio a mano en cada uno de los muros. Todo el modelo funciona como un sistema solidario.

En este contexto, se buscó estudiar un conjunto de elementos generales del modelo digital en cada carpeta, como pueden ser muros perimetrales, pilares estructurales, cerramientos verticales y horizontales u otros elementos representativos de cada proyecto (según los intereses del presente punto), con el propósito de conocer las reglas, implementaciones y comportamientos de las restricciones conformadas sobre cada uno de ellos. De esta manera, se trabaja sobre un conjunto de vistas (plantas, cortes y fachadas), donde en cada una de ellas se procede a tomar elementos geométricos constructivos y moverlos (deliberadamente) para observar las consecuencias a nivel general del proyecto.

A nivel general, e independientemente de las diferencias observadas en casos anteriores en relación con la estrategia digital implementada por los estudiantes, todas las carpetas analizadas presentaron un nivel similar respecto a la implementación de vinculaciones entre componentes geométricos. No existió ningún caso que haya profundizado sobre el manejo y puesta en práctica del punto analizado, aspecto que llama la atención, dado que representa uno de los puntos más importantes del trabajo con un software de modelado BIM. Sin embargo, dentro de la misma estrategia observada, se encontraron pequeños matices que se destacarán a continuación.

Dentro de la carpeta de *DN_b2a*, con el propósito de establecer la **(b2a) utilización de vinculaciones entre componentes geométricos constructivos**, se trabajó, primariamente, sobre una *sección* del proyecto, denominado *Corte C*. Al mover horizontalmente el muro de contención de la planta baja, se observa cómo este elemento está vinculado a la losa casetonada del cerramiento vertical que divide el subsuelo y planta baja. Sin embargo, no se pudo ubicar un enlace al piso del subsuelo de todo el proyecto. Por otro lado, se advierte que el nexo existente entre los elementos no funciona como una restricción física, aspecto que determina que cualquier movimiento no sea acompañado por el casetonado. Este aspecto provoca una vinculación funcional, sin embargo, el cerramiento vertical no acompaña geoméricamente al muro (no se estira), perdiendo la utilidad real de la restricción.

Dentro de la misma vista (*corte C*) se analizó la losa inferior del subsuelo. Al moverla verticalmente se nota como el contrapiso (componente del sistema general del piso) no acompaña a la losa. Además, al verificar de manera independiente al contrapiso, se aprecia que no está vinculado a ningún elemento (como los muros que apoyaban en él), pudiendo moverlo libremente en todos los sentidos.

Una última verificación se realizó sobre el sistema de cielorrasos en los diferentes niveles del proyecto. Se observa que el cielorraso presenta una altura fija (ingresada manualmente) en referencia al nivel. De esta manera, cualquier cambio en su

disposición se tendría que hacer individualmente en cada planta. Además, no se advierte ninguna *restricción de cota* a ningún elemento estructural o de albañilería. Este aspecto transforma al cielorraso en un elemento independiente, por fuera de toda parametrización del sistema, desaprovechando una de las utilidades principales de la herramienta.

Para la carpeta de *AE_b2a*, el punto se observó a partir de analizar una vista de *Sección*, específicamente la *Sección transversal CC*, donde se tomó una viga correspondiente a la losa superior y se generó un desfase en el eje *z* de para verificar las restricciones. Una vez realizado el movimiento se advierte que los cerramientos que llegan a dicha viga no presentan una modificación, como tampoco el sistema de parasoles que se encuentran por debajo del elemento. Sin embargo, en la viga perpendicular a la estudiada se aprecia la existencia de una restricción, modificando, en consecuencia, su altura de acuerdo con el movimiento producido. Por otro lado, dentro de la misma vista, se mueve verticalmente el componente *suelo*, dando como resultado una situación similar al caso anterior, donde ningún elemento principal de la vista acompañó el movimiento (como los muros cortinas, parasoles, cerramientos verticales de yeso, etc.). Además, ninguna de las modificaciones generadas dio como resultado un error dentro del software, dando a entender la inexistencia de restricciones encadenadas.

En el resto de las cuatro carpetas analizadas, pertenecientes a *NL_b2a*, *JT_b2a*, *DC_b2a* y *FS_b2a*, no se encontró ningún indicio (a diferencia de los limitados ejemplos observados anteriormente) respecto al punto tratado. En el caso de la carpeta de *NL_b2a*, se trabajó sobre una vista de *Sección*, denominada *Sección 9*. El elemento del *modelo digital* que se eligió para verificar la utilización de vinculaciones fue la losa del cerramiento horizontal inferior del *nivel PB*. Al mover verticalmente dicho elemento se observa que los diversos muros, elementos de sanitaria, eléctrica o albañilería que se relacionan espacialmente a la losa no se enteran del cambio. Además, no se alerta ningún aviso del programa, aspecto que determina la inexistencia de vinculaciones referenciadas a dicho elemento. Al notar la inexistencia de restricciones, se decide probar otras modificaciones, específicamente en la losa superior (cerramiento que divide la planta baja con la azotea). De la misma manera que lo observado en el caso anterior, no se verifica ningún cambio como tampoco ningún error del software notificando inconsistencias en las restricciones.

En otra de las carpetas, perteneciente a *JT_b2a*, se verificó la manera en que un *cerramiento horizontal*, dentro de la vista, en la lámina denominada *AP-Longitudinal b*, se vinculó a otros componentes del proyecto. Al mover verticalmente el piso, se comprueba, al igual que los ejemplos anteriores, una ausencia total de restricciones, en la medida que ningún elemento acompaña el movimiento generado sobre dicho componente del modelo digital. Por otra parte, se buscó en diversos elementos y *vistas* del proyecto otros ejemplos de restricciones (en cielorrasos, losas y muros perimetrales), pero en ningún caso se advierte ninguna existencia.

En el mismo sentido que el ejemplo anterior, se observó la carpeta **DC_b2a**. Dentro de la lámina de *secciones*, concretamente en la vista denominada *Corte A-A*, se verificaron varios elementos del modelo, como son losas, muros y mobiliario. En todos los casos, tras evaluar varios movimientos, no se identifica la presencia de ninguna restricción. Además, como en el resto de los casos, la ausencia de errores del software al generar los movimientos da un indicio de la falta de vinculaciones.

Por último, en la carpeta de **FS_b2a**, de manera idéntica a los ejemplos mencionados, se constató la ausencia total de restricciones en todos los elementos verificados. Para trabajar en este punto se indaga sobre diversos componentes del modelo digital (como losas, muros y escaleras) dentro de una de las vistas del proyecto, específicamente el *Corte CC*. Al realizar los movimientos pertinentes de los componentes, se nota que en ninguno de los casos se aprecian modificaciones, como tampoco errores de software al generar los movimientos.

La utilidad general de las restricciones, según lo entiende el autor de la tesis, es buscar que las envolventes generales o ejes estructuradores del proyecto sean flexibles, generando que, si se mueve un suelo, un techo o una fachada del proyecto, todos los demás elementos vinculados acompañen el movimiento. Sin embargo, dentro de las carpetas analizadas previamente, se advierte que su aplicación es desarrollada mínimamente, identificando muy pocos casos en todos los proyectos. Este aspecto es llamativo, en la medida que su ejecución representa uno de los elementos más importantes del trabajo con un software de modelado computacional.

Un siguiente punto de las **(b2) relaciones entre elementos**, ubicado dentro de la **(b) etapa de desarrollo del modelo**, buscó profundizar sobre las **(b2b) vinculaciones entre componentes constructivos y rejillas**. Dentro del software Revit, las *rejillas* son elementos auxiliares de referencia que se utilizan para generar determinadas restricciones en el proyecto. Su uso principal está vinculado a la creación de retículas donde anclar elementos estructurales como pilares o muros.

A diferencia de lo observado anteriormente, donde los trabajos presentaron una similitud en referencia a la estrategia digital aplicada sobre las *restricciones*, dentro del presente punto se advirtieron cuatro diferentes abordajes. No obstante, puede observar (en un nivel general) un uso muy acotado de las vinculaciones entre componentes constructivos y el sistema auxiliar de *rejillas*.

De los seis trabajos analizados, únicamente la carpeta perteneciente a **DN_b2b** utilizó las *rejillas* de acuerdo con un uso esperado de la herramienta. Igualmente se observan algunos matices que ubican su uso dentro de un ámbito híbrido. En la vista de *Planta Baja*, dentro de las láminas de arquitectura, al mover una de las *rejillas* que se encuentra sobre una línea de pilares se advierte que todos los elementos estructurales vinculados

a ella se desplazaron. El software detectó un conjunto de problemas (específicamente 98), producto de conflictos con otras restricciones, pero igualmente los pilares respondieron al movimiento y se adaptaron (qué es lo esperable en estas situaciones).

Por otra parte, dentro de la vista *Corte C*, se analizó la manera en que un elemento estructural, denominado *muro de contención*, se relacionó con una *rejilla* ubicada sobre él. De esta manera, al generar un movimiento horizontal de la *rejilla* se observa que el muro coincidente con dicho elemento se mantiene en su lugar, trasladándose de manera independientemente. Es esperable que una *rejilla* siempre esté atada a un elemento estructural, en la medida que el propósito principal de este elemento auxiliar es vincular componentes, principalmente estructurales, para organizar el proyecto a la hora de generar modificaciones. En caso contrario se convierte en un factor estético para marcar los ejes del proyecto, pero sin ninguna utilidad práctica a nivel del proyecto.

Otra situación observada dentro de los trabajos analizados se constató en la carpeta de *NL_b2b*. Dentro de las láminas de *estructura*, específicamente en la vista *PB Estructura*, se advierte la existencia de un conjunto de *rejillas* ubicadas en todos los ejes del proyecto, pero con la salvedad que se encuentran vinculadas solo a algunos elementos del modelo digital. En algunos casos las *rejillas* se ataron a uno o dos pilares, en otros casos a sectores de muros, mientras que en la mayoría de las situaciones no se encontraban referenciadas a ningún componente del proyecto. Como se comentó anteriormente, la existencia de *rejillas* sin una vinculación a elementos, principalmente estructurales, no tiene razón de ser. La peculiaridad de este caso es que las *rejillas* se vincularon a unos elementos, pero a otros no, dando a entender un manejo desorganizado en la implementación de la herramienta.

Un tercer abordaje en el manejo de las vinculaciones entre componentes constructivos y *rejillas* se observó en los trabajos de *DC_b2b* y *FS_b2b*. A diferencia de los dos casos anteriores, las carpetas del presente ejemplo implementaron el elemento auxiliar pero no lo utilizaron (en base al uso esperado de la herramienta). Para el caso de la carpeta de *DC_b2b*, se observa la presencia de las *rejillas* en cada uno de los ejes de la estructura, sin embargo, al mover dichos elementos (por ejemplo, dentro de la vista *Planta 12*), se contempla la falta total de restricciones a los elementos estructurales. Lo que sí se advierte es la existencia de vinculaciones a otros elementos del sistema, en la medida que el software presenta una serie de errores al mover las *rejillas*. Pero, las restricciones a la estructura, que es lo mínimo esperable en estos casos, son inexistente. En el otro ejemplo, perteneciente a la carpeta de *FS_b2b*, se contempla la presencia de *rejillas* en todas las *vistas* donde se realizó el análisis (la totalidad de las plantas), pero de la misma manera que el caso anterior, no se advierten vinculaciones con componentes estructurales. Su función remitió únicamente a un elemento visual, olvidando la función principal de la herramienta.

Los dos últimos ejemplos analizados, pertenecientes a las carpetas de *AE_b2b* y *JT_b2b*, presentaron la ausencia total del uso de *rejillas* en todas las vistas del modelo digital. De esta manera, la implementación y coordinación de los elementos estructurales se desarrolló sin el uso de la herramienta. Como se comentó anteriormente, la carencia de restricciones y vínculos entre elementos y referencias imposibilita tomar un control preciso del modelo, aumentando los posibles errores y acercando el manejo del proyecto a una estructura de trabajo manual, donde las modificaciones se tienen que hacer una a una.

El último punto de las **(b2) relaciones entre elementos**, dentro de la **(b) etapa del desarrollo del modelo**, refirió a las **(b2c) uniones geométricas entre componentes constructivos**. Como se comentó en el apartado de conformación de categorías, la importancia de las uniones geométricas dentro del modelo digital se encuentra en relación con los aspectos gráficos y representativos del proyecto (para crear uniones limpias entre elementos anfitriones), pero también a la hora de obtener cantidades de material a través de tablas de planificación. De esta manera, una buena gestión de las uniones entre elementos no refiere solamente a aspectos estéticos del modelo (a partir de un correcto tratamiento en las jerarquías de los materiales), sino además a un pertinente control de las materialidades utilizadas con fines de análisis estructural, así como la determinación de los largos de corte exactos para la fabricación y montaje.

En este contexto, se buscó analizar una serie de uniones entre diferentes elementos anfitriones del modelo digital (como pueden ser losas y muros, cielorrasos y vigas, fundaciones y losas, entre otros), con el propósito de conocer las estrategias de vinculación utilizadas por los seis casos. De esta manera, se trabaja sobre un conjunto de vistas (plantas, cortes y fachadas), donde en cada una de ellas se procede a visualizar los diferentes encuentros geométricos del modelo digital y a analizar sus propiedades.

Según lo analizado, en todos los casos observados se presentó un tratamiento casi idéntico en referencia a este punto, donde se identificó una **implementación poco extendida y superficial en la gestión de las uniones**. No obstante, a pesar de una insuficiente aplicación, se localizó un único caso, perteneciente a *JT_b2c*, donde existió un primario indicio de gestión.

De esta manera, dentro de la presente carpeta, específicamente en la vista *AP Longitudinal b*, se identificó una serie de casos en relación con la gestión de las uniones. Por ejemplo, el contrapiso de planta baja se encuentra vinculado, mediante el uso de la herramienta *unión*, a la vereda perimetral exterior. Este aspecto determina, a nivel gráfico, un mismo patrón de relleno y grosor de línea para los dos elementos (eliminando las líneas de borde que separan ambos componentes geométricos), dando a entender una correspondencia de materiales y terminaciones. Una situación similar se advierte en el sector de las fundaciones, donde se presenta una correcta implementación en la unión entre el *fuste del pilar*, el *cabezal de fundación* y el *contrapiso* del subsuelo.

Por otra parte, se identificaron otras situaciones donde las *uniones* se notaron funcionalmente resueltas, pero con una mala gestión en las jerarquías de las capas internas de los objetos (dicho punto se profundizará más adelante). Este aspecto se observa, por ejemplo, en todo el sistema de cerramientos de yeso, donde existe una unión de capas, pero sin un tratamiento interno, dando como resultado un conjunto de problemas visuales en dichas uniones geométricas del modelo digital.

En el resto de los casos analizados, pertenecientes a las carpetas de *DN_b2c*, *NL_b2c*, *AE_b2c*, *DC_b2c* y *FS_b2c*, no se advirtieron ejemplos a estudiar. Se analizaron diversas vistas, tanto de plantas, cortes y fachadas, pero ningún caso arrojó resultados vinculados al uso de la herramienta de *uniones*. La manera en que se gestionaron las vinculaciones en las cinco últimas carpetas analizadas se pudo dividir en dos situaciones. En un primer caso, se observa como algunos de los diferentes encuentros se resuelven mediante la superposición de geometrías. Este aspecto implica que las líneas de borde de los elementos gráficos quedan visibles, llevando a la confusión en cuanto a la resolución geométrica de la pieza (no se entiende que está por delante o por detrás). En segundo lugar, se advierte que la razón de que algunas vinculaciones sean observadas gráficamente correctas se relaciona a un tema de dibujo manual y no a la aplicación de la herramienta analizada. Estos dos aspectos determinan que, frente a cualquier modificación del proyecto, la resolución en las uniones se tenga que desarrollar nuevamente.

El tercer punto de las etapas del **(b) desarrollo del modelo**, referido a las **(b3) limitaciones del instrumento digital y buenas prácticas de modelado**, trató sobre la **(b3a) gestión de capas materiales de los componentes modelados**. El tema buscó determinar la pertinencia de modelar de forma independiente las capas estructurales de cada uno de los componentes del modelo digital.

Las características observadas dentro de la *gestión de capas materiales* guardan directa relación con lo indagado en el tema anterior, en la medida que lograr una correcta relación en la vinculación de los diferentes elementos geométricos (*uniones*) requiere de una gestión de las jerarquías materiales de cada uno de ellos. De esta manera, para que dos elementos del modelo digital (como un muro que se apoya sobre una losa) puedan desarrollar, desde el punto de vista gráfico, una unión coherente, es necesario que cada uno de los elementos tenga incorporada sus capas y cada una de ellas tenga asignado un número de jerarquía. Así, cuando exista una correspondencia entre las jerarquías incorporadas dentro de los dos (o más) materiales que se unen, la vinculación gráfica reflejará dicha unión, tratándolo como un mismo componente.

Por ejemplo, cuando tengo dos muros de mampostería que se unen, se buscará que la capa correspondiente al mortero exterior presente una continuidad, que gráficamente da a entender que es un mismo elemento (con mismo nivel de jerarquía). Para que esto

sucedan, es necesario una gestión en las capas materiales de los componentes constructivos, asignando que la capa *mortero* presente una categoría idéntica en ambos muros.

Por otra parte, este aspecto determina que no se tengan que gestionar manualmente las características gráficas de las *uniones* entre los elementos del modelo, generando una parametrización de los componentes, evitando, en consecuencia, desarrollar un trabajo manual en cada una de las vinculaciones. Sin embargo, como se comentó anteriormente, es necesario una incorporación y gestión de las capas materiales de cada uno de los componentes del modelo.

Dentro de los seis ejemplos indagados, se observó una correspondencia general en el tratamiento de las *capas materiales*. En todos los casos existió una gestión, donde se incorporaron sus capas y se asignaron materialidades a cada una de ellas, sin embargo, el tratamiento de las jerarquías interna de las capas, como su composición y orden, no fue desarrollada por todas las carpetas de la misma manera. Por lo tanto, se observan dos diferentes grupos, por un lado, aquellos que **solo incorporan las capas y sus materialidades** y, por otro lado, los que **además de integrar las capas, profundizan sobre sus jerarquías**.

En el primer grupo encontramos las carpetas de *DN_b3a*, *NL_b3a*, *DC_b3a* y *FS_b3a*. Para el caso de *DN_b3a*, tomando una de las vistas de *Sección* del proyecto, específicamente el *Corte C*, se observó que, desde el punto de vista de la información, las capas estuvieron incorporadas y gestionadas con sus materiales y grosores de líneas, pero sus características y orden jerárquico no se establecieron. Se advierte que todos los materiales cargados tienen asignada una misma *función*, denominada *Sustrato* [2]. De esta forma, por ejemplo, tanto la capa *Revoque* como la capa *Asfalto* tienen incorporado un mismo orden jerárquico. Por lo tanto, se le está diciendo al software que todas las capas del muro estructural son la misma, por lo que al unirlos a otros elementos del modelo van a generar problemas de visualización (tal como se advirtió en los puntos anteriores para el caso de la carpeta analizada de *DN*).

En el caso de la carpeta de *NL_b3a* también se observó un tratamiento primario de las capas materiales, donde los elementos internos de los componentes geométricos estuvieron incorporados, pero en ningún caso gestionados. De esta manera, al no advertir una jerarquía ni organización de cada pieza, el desarrollo de las uniones entre los elementos del modelo se entendió desorganizado e impreciso, dando como resultado un conjunto de gráficos complejos de comprender.

Para los ejemplos de *DC_b3a* y *FS_b3a*, a diferencia de los casos anteriores, la gestión de las capas se desarrolló a partir de las *plantillas* incorporadas por defecto en el software. Como se verá más adelante, las *plantillas* se utilizan para estandarizar una serie de parámetros del proyecto, como pueden ser unidades, patrones de relleno,

grosos de líneas, escalas de vista, etc. Por otra parte, igualando lo observado en los dos casos anteriores, no existió un tratamiento jerárquico en cada uno de los componentes materiales de los elementos del modelo digital. De esta manera, se concluye la falta de un desarrollo en la gestión integral de las capas materiales de los componentes modelados.

En el trabajo de *AE_b3a*, a diferencia del grupo anterior, donde se observó una gestión primaria de las capas materiales, en el presente ejemplo se advirtió un tratamiento más profundo. El análisis se conformó en base a indagar sobre una serie de componentes gráficos del *Corte CC* dentro de la vista de *Secciones*. Al analizar uno de los muros perimetrales del proyecto se comprueba que las capas se presentan bien organizadas, donde se incorpora un núcleo estructural, que fue asignado como tal, y los demás componentes se establecen jerarquizados según un criterio del autor. De esta manera, los elementos asignados como *envolventes* del muro estudiado se categorizan de acuerdo con las diferentes *familias del sistema*, como *Sustrato* [2], *Acabado* [4], etc.

Sin embargo, como se comentó dentro del apartado de *uniones geométricas entre componentes constructivos*, en el ejemplo analizado de *AE_b2c* no se observó una gestión de las *uniones*. De esta manera, realizar un tratamiento *de las capas materiales* sin utilizar las *uniones*, no tiene razón de ser, porque estoy gestionando algo que luego no utilizaré. Se puede prever que la gestión material esté vinculada a aspecto de cuantificación (por ejemplo: cantidad de metros cúbicos de hormigón), pero no se encontró ningún indicio en toda la carpeta. De esta manera, se conforma una gestión de capas que luego no se utiliza en el desarrollo del proyecto.

El último ejemplo, perteneciente a *JT_b3a*, se consideró, dentro del punto anterior, como el único caso donde existió una gestión más profunda del tema de las *uniones geométricas entre componentes constructivos*. Sin embargo, al analizar la *gestión de las capas materiales* de los elementos gráficos donde fueron incorporadas las *uniones* señaladas, se observó un tratamiento primario en las jerarquías materiales. Es la situación opuesta al ejemplo anterior. Por ejemplo, en el caso del *muro de contención*, todos los elementos pertenecientes a la envolvente (que no eran estructura) se denominan *Acabado* [4]. Se observa, en consecuencia, una falta de ajustes en el armado de las categorías, donde algunos materiales repiten jerarquías. Independientemente de los problemas advertidos, el grado de desarrollo de la *gestión de capas materiales* permite conformar un nivel básico de *uniones geométricas* entre los componentes del modelo digital.

El segundo punto de las **(b3) limitaciones del instrumento digital y buenas prácticas de modelado** refirió a la **(b3b) correlación entre la herramienta de modelado utilizada y el elemento constructivo conformado**. Como se comentó anteriormente, algunos elementos constructivos, por un tema de practicidad, se modelan con una herramienta que no fue concebida a tal fin. Este proceso puede generar una serie de

ventajas en una determinada etapa del proceso de diseño, al poder crear un objeto complejo utilizando una herramienta que lo simplifique o permita una versatilidad mayor. Sin embargo, el elemento creado será categorizado según la herramienta utilizada. De esta manera, si con la herramienta *muro* desarrollo una baranda, cuando clasifique las barandas de todo el proyecto, la creada a partir del *muro* no aparecerá.

En este contexto, se buscó determinar, dentro de los seis proyectos estudiados, las buenas prácticas de modelado a partir de analizar la correlación entre las herramientas usadas y el elemento constructivo generado.

En la carpeta de *DN_b3b*, dentro de la vista de *Planta*, específicamente en la *Planta Baja*, se observó un elemento de separación espacial (un biombo) generado con la herramienta *muro*. Se concluye, a partir de la información que se obtiene del elemento, que es un objeto de carpintería, por lo que se puede clasificar como un mobiliario, no construido en el sitio. Sin embargo, los objetos generados a partir de las *familias del sistema*, como la herramienta *muro*, se consideran que son aquellos elementos que se hacen en obra. Por lo tanto, se observa una falta de correlación entre ambos elementos, en la medida que es un mobiliario, pero construido con la herramienta *muro*. El objeto generado debería ser un panel, producido a partir de una *familia cargable* de tipo mobiliario. No obstante, se entiende la facilidad de realizar el biombo a partir del comando *muro* porque se construye de manera rápida y permite una parametrización (posibilidad de cambiar las dimensiones, alturas, grosores, etc.). Además, la ventaja de trabajar con el comando *muro* es el ahorro de un paso, modelando directamente en el proyecto sin crear previamente la familia. Pero, a la hora clasificar y planillar los muros, el objeto biombo va a estar incluido (igualmente hay formas alternativas de codificar el elemento para que no aparezca).

Otro ejemplo en la carpeta de *DN_b3b* se observó en una *reguera* ubicada en la caminera exterior del proyecto. La familia fue realizada de cero por el estudiante y además fue parametrizada, pero a la hora de clasificar la *familia* se utilizó una categoría que no presentó relación con el objeto generado (*uniones de tuberías*). Esto podría implicar, de la misma manera que se observó anteriormente, que a la hora de clasificar u organizar dichos elementos, no se logre identificarlos.

En el ejemplo del proyecto de *NL_b3b*, se observaron dos casos particulares en referencia al punto estudiado. El primero de ellos refiere al sistema de parasoles presente en gran parte de las fachadas del edificio. Para su construcción se utiliza una de las *familias del sistema*: el *muro cortina*, en la medida que no existe, dentro del Revit, una herramienta que sea específica para los parasoles. Además, el uso del *muro cortina* permite parametrizar fácilmente el elemento generado, pudiendo modificar varias de sus propiedades, con el objetivo de adaptarlo a las necesidades del proyecto. Es una herramienta potente y versátil que se adapta perfectamente a este caso. En consecuencia, se entiende que la herramienta ideal para hacer este elemento es el *muro cortina*, no

obstante, la manera específica en que se construye el parasol no posibilita una parametrización completa. Al intentar modificar el elemento, únicamente se pudo variar la distancia entre las láminas (no se logró cambiar el ángulo, curvatura, disposición, etc.).

Por otro lado, un segundo elemento observado fue el caso del *tobogán* ubicado en el patio central del proyecto. Para su construcción se combinó la herramienta *rampa* (piso del tobogán) con la herramienta *barandillas* para generar los laterales. Se podría haber utilizado un modelado genérico o una extrusión (modelado in situ como en un AutoCAD 3D), sin embargo, se utiliza una herramienta muy versátil, como es el caso de la *barandilla*, en la medida que permite parametrizar fácilmente todos sus componentes (de manera similar a lo que ocurre con el muro cortina). En consecuencia, se advierte un apropiado uso de la herramienta en relación con el objeto generado, ya que se construye un producto que no existe en el programa, utilizando la mejor herramienta para poder hacerlo.

En la carpeta de *AE_b3b* se advirtieron dos ejemplos donde verificar el punto tratado. El primero de ellos, ubicado en los patios de la planta general del proyecto, trata de un sistema de cerramiento vertical (*vallado*). Al igual que el caso anterior (*parasoles*), el ejemplo analizado se conforma a partir de la *familia del sistema muros cortina*. La multifuncionalidad del instrumento permite adaptar sus propiedades para construir todo tipo de objetos paramétricos, siendo el presente caso otro ejemplo de una buena elección. La diferencia con lo visto anteriormente se observa en la manera en que el estudiante parametriza la *familia muro cortina*, logrando un grado de profundidad importante que le permite una modificación total de cada uno de sus componentes (distancia entre vallas, ángulo, cantidad, dimensiones, etc.). De esta manera, ante cualquier cambio del proyecto, las posibilidades de adaptar el *vallado* son muy sencillas. No es un objeto estático.

Otro de los ejemplos observados refirió de una *familia cargable*, específicamente un conjunto de mobiliarios ubicados en la zona del lavadero. Al verificar sus propiedades se advierte que están catalogados como *objetos genéricos*, sin embargo, por el tipo de objeto que es (mueble para ropa) se entiende que es un mobiliario. Esto podría implicar, de la misma manera que se observó anteriormente, que a la hora de clasificar u organizar dichos elementos, no se logre identificarlos.

En la carpeta de *JT_b3b*, luego de analizar un conjunto de elementos se observó un claro manejo de la herramienta digital, en la medida que los diferentes componentes del modelo fueron creados con sus respectivas herramientas. Por ejemplo, los canalones se construyeron a partir de la *familia del sistema canalón*; los cierres laterales de los techos se generaron a partir de la *familia impostas* (cenefas); las diferentes *familias cargables* de *mobiliarios* se conformaron correctamente identificadas y catalogadas; entre otros. Sin embargo, se observa un caso, específicamente el antepecho del sistema de aberturas

de uno de los niveles del proyecto, que se construye a partir de una *geometría in situ*. Esto genera una geometría genérica sin la posibilidad de parametrizar ni capacidad de edición (es como dibujar un 3D dentro del AutoCAD). Además, se ubica dentro de la categoría de terminaciones. Para desarrollar este objeto existen otras herramientas específicas dentro del Revit (la misma que se utiliza para hacer los canalones) que, a través de un recorrido y un perfil, genera el objeto. Por otra parte, que el elemento esté desarrollado con la herramienta específica permite estar catalogado dentro de una categoría que posibilita su posterior identificación.

En el caso de **DC_b3b**, el ejemplo donde se analizó la correlación entre las herramientas utilizadas y el elemento construido fue en el sistema de barandas correspondiente a los diferentes pasillos comunes interiores de todos los niveles del proyecto. En este punto se observa que, para todos los casos, las barandas son construidas con la *familia del sistema muros*. Según se puede entender, por tratarse de barandas macizas, la utilización del comando muros es correcta (desde el punto de vista técnico, ya que eran muros), pero a la hora de categorizar los diferentes elementos no se puede diferenciar los muros internos del proyecto con los muros de baranda, salvo que se empleen parámetros extra que identifiquen cada elemento según esa diferencia funcional. En este caso, otra posibilidad es construir las barandas con la *familia barandilla* (que también permite realizar barandas macizas) logrando que queden identificadas con un elemento más cercano a lo que son (barandas).

Otro caso observado en la carpeta de **DC_b3b** es el sistema de cerramiento vidriado del ascensor. La forma en que se realiza, a partir de un *muro cortina* general para todos los niveles, se entiende como una correcta solución frente a hacer familias independientes por nivel. De esta manera, la solución permite parametrizar el objeto vidriado, posibilitando conformar cambios de manera más ágil y eficiente frente a posibles modificaciones del proyecto.

En el último ejemplo, perteneciente a **FS_b3b**, se observaron varios ejemplos donde las *familias del sistema* fueron generadas a partir de un modelado *in situ*. Esto se entiende como un error, en la medida que se pierden las posibilidades de parametrizar el objeto y generar modificaciones de una manera fácil y ágil. Uno de los casos más notorios se advierte en una de las escaleras que comunica la planta baja con el siguiente nivel. La escalera es generada a partir de una extrusión, dibujando el modelo de la misma manera que se hace dentro de un CAD. Independientemente de que se catalogue el objeto como una escalera, categorizada correctamente, perder la posibilidad de parametrizar un objeto (más tratándose de una de las *familias del sistema*), se aleja de una estrategia integral de trabajo BIM, donde una de sus principales potencialidades se encuentra en lo paramétrico del modelo digital.

Llegando al punto final de la **(b) etapa de desarrollo del proyecto**, la investigación se centró en los **(b4) parámetros básicos a ser completados**. Como definición, los

parámetros son propiedades de los elementos que conforman el modelo, incluyendo no solo elementos de modelado y de anotación, si no también vistas y planos. Dichos parámetros se presentan en todos los elementos del Revit y pueden ser clasificados de acuerdo con quien los genera y en qué archivo se guardan (parámetros del sistema, del proyecto, de la familia, etc.).

Dentro de un proyecto se pueden identificar ciertos elementos que por defecto poseen parámetros básicos esperando ser completados, ya sea a través de opciones predeterminadas o con la introducción de textos o números. Independientemente que se utilicen éstos o que se generen parámetros nuevos, su uso extendido y racional posibilita que durante el proceso de trabajo se puedan filtrar elementos a través de dichos parámetros.

La importancia de analizar este punto está vinculada a la forma en que el software interactúa con la información incorporada. Por ejemplo, el programa informático no puede relacionar una materialidad asignada con una función estructural. De esta manera, por más que un muro tenga asignado como material el hormigón armado, el programa no lo va a identificar como un elemento estructural. Para que sea clasificado como estructura, hay que comunicarle al software que el elemento tiene dicha característica. Esto sucede en aquellos componentes que no son *familias estructurales*, como los muros de arquitectura, donde hay que diferenciarlos con un parámetro para definir cuáles son de carga, muros pantalla, tabiques, etc.

En este contexto, con el objetivo de investigar la **(b4a) utilización de parámetros de identificación de elementos**, se analizaron algunos componentes del modelo digital que presentaron parámetros básicos a ser completados. Debido a la cantidad de elementos que representa un proyecto de arquitectura y la cantidad de proyectos investigados (seis carpetas), el centro del análisis se basó en identificar casos puntuales que, a criterio del investigador, representaron una particularidad a destacar en el proyecto.

En la carpeta de *DN_b4a*, identificando un caso similar al *muro estructural* nombrado en el ejemplo anterior, se observó que los *muros de contención* ubicados en el sector del subsuelo presentaron los parámetros correspondientes a su identificación como *elementos estructurales*. Este aspecto se entiende adecuado a la situación, en el sentido que el elemento se genera a partir de una *familia de muro básico*, pero funciona en el proyecto como elemento estructural. Por lo tanto, para que dicho muro sea identificado a la hora de categorizar diferentes elementos del modelo, se marca como estructural. Además, dentro de las *propiedades de la estructura*, otro de los elementos que se identifica es el *uso estructural*. Dicha propiedad genera una segunda capa de identificación, donde se puede precisar qué tipo de elemento representa: de carga, de arriostamiento o combinación.

Por otro lado, se observó que la losa casetonada que conformó el cerramiento vertical de todo el proyecto no presentó una identificación como elemento estructural, a pesar de tratarse de un claro componente de estructura. Además, indagando en sus propiedades internas, no se advierte una incorporación de *datos de identidad*, como una *marca de tipo* (valor de identificación específico del elemento para leerlo posteriormente, por ejemplo, con una etiqueta).

Otro de los parámetros relevantes que se identificó fue el tema de las *restricciones*, específicamente la *delimitación de habitaciones*. Dentro de las diferentes habitaciones del proyecto se observa como los componentes que forman cada uno de los sectores (cielorrasos, muros y pisos) presentan los parámetros de *delimitación* pulsados. Al activarlo, el software utiliza dicho componente como un contorno para enmarcar la habitación. Dentro del Revit, las habitaciones son contenedores de información, más allá de los elementos gráficos incorporados. De esta manera, poder delimitar una habitación permite identificar y obtener ciertas propiedades asignadas a ella (como el área, el volumen, etc.). Dentro del presente proyecto se utiliza el cielorraso como un *delimitador* de la habitación, y no la losa superior, aspecto que se entiende apropiado (por ejemplo, a la hora de determinar el volumen real para el cálculo térmico), considerando al usuario y su objetivo.

En el ejemplo de *NL_b4a* se observó, dentro de la vista de *planta baja*, que los cerramientos verticales opacos, correspondientes a las habitaciones, se presentaron identificados correctamente como *no estructurales*. Por otro lado, en el caso del cerramiento horizontal de dicha habitación (techo), de la misma manera que el ejemplo anterior, tampoco se determina como estructural, en la medida que está compuesto por un cerramiento liviano, específicamente una *familia techo simple*. Sin embargo, dentro de las propiedades del techo de yeso no se identifica cuál de sus componentes internos es estructural o cual es envolvente. De esta manera, el elemento es identificado correctamente a nivel general, pero dentro de sus propiedades internas no se especifican sus características.

En el caso del piso general del proyecto sucedió algo similar, donde no se identificó al elemento como estructural ya que estaba modelado como un sistema conjunto (losa, contrapiso y terminaciones). No obstante, indagando en las propiedades internas del elemento, no se indica cuál de las capas es estructural y cual envolvente. Esta indeterminación implica que el software no sabe que parte del componente cumple la función de estructura. Gráficamente no determina ningún cambio, pero sí desde el punto de vista de la información contenida, que es uno de los aspectos principales del BIM.

En la carpeta de *AE_b4a*, con el propósito de analizar la utilización de *parámetros de identificación* se tomó como ejemplo la ubicación del sistema de aberturas. Dentro de los *parámetros*, uno de los elementos básicos corresponde con la *función*, donde se puede determinar si un elemento es *interiores* o *exteriores*. De esta manera, se le dice

al software que tipo de puerta es, con relación a su ubicación. En este caso se analiza con las aberturas, pero se podría haber analizado con las escaleras, pisos, etc. Así, a la hora de filtrar dicho elemento se puede determinar cuántas corresponden según cada ubicación. En consecuencia, para todos los casos observados dentro del proyecto se advierte el uso de dicho parámetro, donde se identifican todas las puertas según su ubicación dentro del proyecto.

Por otro lado, un segundo elemento observado fue el caso de la losa que ofició como cerramiento horizontal superior del proyecto. Al igual que los casos anteriores, como el elemento se establece como un sistema (losa estructural más terminaciones), es pertinente que no sea identificado como un componente estructural todo el conjunto. Sin embargo, al observar las propiedades internas de cada una de las capas, no se identifica cuál es estructural y cuál es envolvente. Por otra parte, en la losa del piso si se identifica internamente la estructura.

Para el ejemplo de *JT_b4a* se observó, al igual que los casos anteriores, la utilización de *parámetros de identificación* en el sistema de aberturas (puertas y ventanas). De esta manera, al indagar las puertas de todo el proyecto, para definir su *función (interior o exterior)*, se observa una correcta identificación de acuerdo con la ubicación gráfica de la abertura.

Por otra parte, se analizaron diversos cerramientos del proyecto (como los muros exteriores o las losas generales), donde se observaron situaciones similares en referencia a los *parámetros de identificación*. Además, al igual que los casos anteriores (al tratarse de elementos compuestos por muchas capas, como estructura, elementos térmicos, terminaciones, etc.), no se identifica todo el conjunto como exclusivamente estructural, sino alguna de sus capas internas. Por lo tanto, se advierte una identificación de las propiedades inherentes de los componentes del modelo digital.

En los cuatro proyectos analizados se observó una gestión básica en la utilización de parámetros de identificación de elementos. Se advierte un tratamiento heterogéneo en su implementación, donde en un mismo proyecto se presentan componentes completamente gestionados frente a otros que no. Igualmente, se entiende que la manera en que los universitarios utilizan los parámetros se adapta a un trabajo de proyecto final de carrera, en la medida que la información que permite acceder puede no estar presente en los objetivos de los estudiantes. A pesar de ello, según entiende el autor de la tesis, la forma en que se gestiona la información dentro del software es un aspecto fundamental en una lógica de trabajo BIM.

Sin embargo, a diferencia de los casos anteriores, donde se observó una gestión básica en la utilización de parámetros para algunos elementos del proyecto, dentro de las carpetas de *DC_b41* y *FS_b41* no se identificó un manejo en todos los elementos estudiados. Por ejemplo, en el caso de los cerramientos verticales, el parámetro de

función (que determina si un elemento es *interior* o *exterior*) presenta un mismo dato para todas las situaciones. De esta manera, se advierte que dicho parámetro no se ajusta, manteniendo todos sus valores por defecto. Lo mismo sucede en el caso de las losas de hormigón, donde todos los datos observados están predefinidos por el propio software, donde los estudiantes no modifican ni tampoco incorporan ningún dato.

Esta situación también se observó en otros aspectos de ambos proyectos, como fue el caso de los parámetros de *texto*. Se advierte que los datos de *texto* (por ejemplo, dentro de las propiedades de las escaleras) no presentan ninguna información incorporada, por lo que se encuentran vacíos. La información de tipo *texto* establecida sobre las propiedades del elemento permite que esa información sea leída posteriormente en algún detalle, sin la necesidad de cargar manualmente en cada vista particular la misma información.

En consecuencia, a diferencia de los cuatro casos anteriores, las dos últimas carpetas analizadas no presentaron una gestión de los *parámetros de identificación*. Todos los elementos identificados corresponden a datos establecidos de antemano por el software, donde los universitarios no interactúan con ninguno de ellos.

Al igual que en el punto anterior, y con el único objetivo de facilitar la lectura ordenada de los datos observados y los puntos analizados, se presenta la siguiente tabla donde se resume y clasifica lo indagado previamente.

Figura 14:

(b) Etapa de desarrollo del modelo								
(b1) Economía de geometría y parámetros			(b2) Relaciones entre elementos					
(b1a) Desarrollo geométrico del modelo digital dentro de cada una de las etapas de diseño			(b2a) Utilización de vinculaciones entre componentes geométricos constructivos		(b2b) Vinculaciones entre componentes constructivos y rejillas			
Desarrollo acorde, a nivel general, con la etapa del diseño	Desarrollo desfazado con la etapa del diseño	Vinculaciones observadas únicamente en algunos componentes particulares del modelo digital	Ausencia de vinculaciones entre los componentes del modelo digital	Utilización de las rejillas de acuerdo con un uso esperado de la herramienta	Utilización de las rejillas únicamente en algunos componentes del modelo digital	Implementación de rejillas en el modelado, pero sin una vinculación al modelo	Ausencia de rejillas en todo el modelo digital	
DN	X		X		X			
NL	X		X			X		
AE	X			X				X
JT	X			X				X
DC	X			X			X	
FS	X			X			X	

(b) Etapa de desarrollo del modelo								
(b2) Relaciones entre elementos		(b3) Limitaciones del instrumento digital y buenas prácticas de modelado				(b4) Completar parámetros básicos		
(b2c) Uniones geométricas entre componentes constructivos		(b3a) Gestión de capas materiales de los componentes modelados		(b3b) Correlación entre la herramienta de modelado utilizada y el elemento constructivo conformado		(b4a) Utilización de parámetros de identificación de elementos		
Implementación primaria en la gestión de las uniones	Implementación superficial y poco extendida en la gestión de las uniones	Incorporación de capas, materialidades y profundización sobre sus jerarquías internas	Incorporación, únicamente, de capas y materialidades	Correlación en los elementos específicos analizados	Ausencia de correlación en los elementos específicos analizados	Utilización de parámetros en los casos puntuales analizados	Ausencia de parámetros en los casos puntuales analizados	
DN	X		X	X	X	X	X	X
NL	X		X	X		X		X
AE	X	X		X	X	X		
JT	X	X		X		X		X
DC	X		X	X	X			X
FS	X		X		X			X

Nota: cada una de las marcas corresponde al lugar donde se ubica, a partir del análisis, las diferentes carpetas según el punto tratado. En los casos donde un mismo documento presenta dos o más marcas (dentro de un mismo punto), significa que el análisis ubica dicha carpeta dentro de ambas situaciones. Elaboración propia.

Adentrados en la última de las tres etapas generales, denominada **(c) etapa documental**, se analizó el proceso de generación de la documentación del modelo arquitectónico dentro de la herramienta digital. En este escenario, se trabaja en torno a tres elementos: las **(c1) plantillas de vista**; los **(c2) textos de etiquetas** y las **(c3) vistas de detalles CAD vinculadas y referenciadas en el modelo**.

Dentro del primer punto, vinculado a las **(c1) plantillas de vista**, se analizó la **(c1a) utilización de configuraciones específicas para cada conjunto de piezas gráficas**.

Dentro de un proyecto de Revit existen diferentes tipos de vistas, denominadas *vistas del proyecto*. Dichas vistas son maneras independientes de visualizar un modelo, por ejemplo, un alzado, un 3D, una planta, etc. A su vez, cada una de las vistas tiene características propias y objetivos que la diferencian (*vistas de plano, vista de alzado, vista de secciones, vista de 3D*, etc.). En este entorno, las *plantillas de vista* permiten aplicar una configuración específica a cada una de las vistas que elijamos, logrando, de esta manera, automatizar la etapa documental del proyecto en la herramienta de trabajo digital BIM.

En consecuencia, la utilización de configuraciones específicas para cada pieza gráfica se estudió a partir de verificar las características de las *plantillas de vista* incorporadas en los seis proyectos analizados.

En la carpeta de **DN_c1a**, específicamente al analizar la *planta baja* general del proyecto, se observó, dentro de los *datos de identidad*, una *plantilla de vista* asignada (denominada *Planta 1/200 DN*). Dentro de dicha *plantilla*, al verificar sus propiedades,

se advierte que todo lo referente a *equipos mecánicos* se encuentra activado, generando que dentro de la vista de albañilería a escala 1/200 los elementos del acondicionamiento mecánico sean visibles. Se puede pensar que para una planta a esa escala (1/200) los únicos elementos de las instalaciones mecánicas a incorporar serán provisiones de pases o algún elemento en particular, pero no todos los equipos de aire acondicionado o difusores. Por otra parte, los componentes de *cimentaciones* se encuentran apagados, como también los *aparatos eléctricos* y de *sanitaria* (aspecto que se entiende acertado para una planta de albañilería a 1/200).

Por otra parte, al ingresar al *editor de plantillas* se encontró una cantidad importante de diferentes entradas, posiblemente incorporadas desde otros proyectos. Se entiende, volviendo al tema de los *criterios de codificación*, la importancia de ser organizado e incorporar en el modelo digital solo aquellos elementos que se utilicen. Además, se advierte que los nombres utilizados para identificar las diversas *plantillas* no presentan un código para entender a qué vistas hacen referencia.

En otra de las vistas, dentro de los planos de *sanitaria* (específicamente en la planta *IS Planta Alta*), se observó que el resultado gráfico obtenido fue realizado sin el uso de *plantillas*. Sin embargo, la vista presenta un grafismo coherente con el tipo de lámina, donde se resalta todo lo referente a las acometidas sanitarias y la planta de arquitectura se presenta con un tono más claro. Realizar este proceso de manera manual para varias *vistas* no es aconsejable (dentro de una lógica de trabajo BIM), en la medida que con una *plantilla* se puede trabajar con un conjunto de *vistas* a la vez. Además, como se observó en puntos anteriores, ya se venía trabajando con *plantillas* en otras láminas.

Se advirtió, en consecuencia, un uso y conocimiento de la herramienta, pero su aplicación no se desarrolló en todo el proyecto, en la medida que se utilizó dentro de algunas vistas en particular, pero en otras no. Este aspecto no fue exclusivo de la carpeta mencionada, sino un elemento en común para todos los trabajos.

En la carpeta de *NL_c1a*, en una situación similar al caso anterior, se observó la aplicación e incorporación de diferentes *plantillas de vista* a lo largo de las láminas del proyecto. Sin embargo, se advierte un conjunto de casos particulares donde no se asigna ninguna *plantilla* dentro de los *datos de identidad*, como en el caso de la vista de *secciones*. Dicha dicotomía en el abordaje sobre el uso de la presente característica es un elemento llamativo, en la medida que la herramienta se utiliza adecuadamente en algunas vistas (en las plantas y detalles), pero en otras se trabaja configurando las opciones gráficas de manera manual y para cada vista (en los cortes).

Por otra parte, se observó una cantidad importante de diferentes *plantillas* que no fueron utilizadas en ninguna lámina. Al igual que el caso anterior, no se presenta una codificación clara al identificar cada una de ellas ni tampoco se realiza una depuración

de las *plantillas* que no se utilizan. Por ejemplo, ninguna de las *configuraciones* utilizadas presenta, dentro de su nombre, a qué escala está destinada.

Dentro del proyecto de *AE_c1a* se observó un uso extendido de *plantillas de vista* para las diferentes láminas del modelo digital. A su vez, al indagar sobre el *gestor* donde se organizan las diferentes plantillas cargadas al proyecto, se advierte, a diferencia de los dos casos anteriores, dos particularidades. Primero, la cantidad de elementos cargados se ajusta con los utilizados, aspecto que da a entender una gestión en la información (particularmente hablando de las plantillas). Por otra parte, la codificación utilizada presenta una lógica de asociar la plantilla con la vista donde se asigna y su escala, haciendo más sencillo el entendimiento a donde pertenece y para que tipo de vistas funciona.

El caso de *JT_c1a*, al igual que los dos primeros ejemplos, presentó un tratamiento dispar en la incorporación de las *plantillas de vista*. Igualmente, se presenta un uso extendido de las mismas. Por ejemplo, en la vista de *planta baja* no se observa ninguna plantilla asignada, pero en la *planta nivel 1* si se encuentra una *plantilla* (denominada *proyecto ejecutivo*). Lo particular de la situación es que ambas vistas presentan un grafismo similar, solo que en una se llega a través de una plantilla de vista y en otra por un medio manual. A su vez, indagando en el *gestor de plantillas* se observa la incorporación de una cantidad de ellas y, a su vez, una codificación mixta y diversa de los nombres asignados a cada una de las *plantillas* incorporadas.

De todos los trabajos indagados hasta ahora, dentro del punto estudiado, los casos de *DC_c1a* y *FS_c1a* se conformaron como los ejemplos donde no se presentó un uso generalizado y extendido de las *plantillas de vista*. En las situaciones anteriores la norma era el uso de las *plantillas* (independientemente de las particularidades observadas), sin embargo, en los ejemplos indagados el criterio se basó en no utilizar ninguna *plantilla de vista* para las diferentes láminas. A su vez, al examinar las particularidades del *gestor*, se observa que en ningún caso se incorporan o conforman otras *plantillas*, las únicas asignadas son las que el software establece por defecto.

Igualmente, debido a la baja cantidad de láminas observadas dentro de los archivos indagados, para el caso de las dos carpetas, la aplicación de *plantillas de vista* se puede entender como una situación no necesaria. El trabajo que implica crear las plantillas se puede justificar para aplicar en varias vistas sin tener que repetir el proceso de configuración manualmente en todas ellas. Por lo tanto, si se presentan pocas láminas y con grafismos diferentes, la aplicación o no de plantillas es un criterio que evaluar.

Como se presentó anteriormente, el segundo tema de la **(c) etapa documental** refirió a los **(c2) textos de etiquetas**. Dentro del software, las etiquetas son herramientas de anotación que el usuario puede crear según su necesidad, logrando que la misma lea información contenida en determinados parámetros y mostrándola a efectos

documentales. Por lo tanto, si la información de este parámetro cambia, la etiqueta actualiza automáticamente esa información.

En este contexto, dentro de los seis trabajos estudiados, se analizó la **(c2a) parametrización de etiquetas** a partir de verificar la forma en que se gestionaron y el modo en que fueron vinculadas a los diferentes componentes del modelo digital.

Dentro de la carpeta de *DN_c2a*, con el objetivo de verificar el uso de etiquetas, se procedió inicialmente a estudiar una lámina en particular, específicamente el detalle de muros *AADA-Muros*. Para comprobar la correspondencia entre las etiquetas creadas dentro de la lámina y el muro de referencia al que se aplica, se analiza cada una de las propiedades internas del muro. El propósito de dicho proceso se encuentra en las características de las etiquetas, en la medida que leen la información contenida en determinados parámetros específicos del objeto a ser etiquetado. De esta manera, es importante un correcto tratamiento de la información incrustada en el modelo digital.

Una de las particularidades observadas en la carpeta aludió a la manera en que el universitario generó las etiquetas, donde se determinó que la información a ser leída se obtendría desde la *descripción* del material y no desde su *nombre*. Este aspecto se entiende como válido, en la medida que permite diferenciar el *nombre* que se le coloca al material de la *descripción técnica* del mismo. Puede suceder que en el *nombre* quiera colocar una codificación determinada (propia de los intereses de mi proyecto), pero no quiero que eso salga en las etiquetas.

Por otra parte, al verificar la conformación de las etiquetas en otras láminas del proyecto, se observó una gestión integral de este aspecto, donde todos los componentes examinados presentaron una correcta correlación entre la información de las etiquetas y los datos cargados dentro de los componentes del modelo digital. Como se comentó anteriormente, este aspecto no es exclusivo del desarrollo de la etiqueta, sino también de una gestión profunda de la información en los diversos elementos del proyecto a donde las etiquetas remiten.

Al igual que el caso anterior, el trabajo correspondiente a *AE_c2a* presentó una gestión general en lo referente a la parametrización de las etiquetas. El análisis se desarrolla en diversas láminas del proyecto, centrándose en un grupo específico de *cortes*. Dentro de la vista denominada: *PA.Sec.1y2a*, se advierte un conjunto diverso de *etiquetas*, desde *etiquetas de habitación*, de *puertas*, hasta de *material*. En todos los casos las etiquetas son referenciadas a los datos del componente asociado y no se observa ningún ejemplo donde la información sea ingresada manualmente.

Para el ejemplo de las *etiquetas de habitación*, los datos del *nombre* y *metros cuadrados* utilizados se tomaron del contenedor de información asignado a dicha habitación (para el presente caso era un aula de clases). Se usaron esos datos, pero se podría haber

configurado para que leyera otros, como volumen, perímetro, altura, etc. Lo mismo sucede para el caso de las *etiquetas de material y etiquetas de puertas*, donde todos los datos se leen de los componentes asignados, como aparatos sanitarios, muros, puertas, etc. Como se comentó anteriormente, este aspecto implicó una gestión en las propiedades de cada uno de los componentes a los que las etiquetas referenciaron.

En una situación muy similar al caso anterior, la carpeta de ***JT_c2a*** presentó un tratamiento general y profundo en la gestión de las etiquetas. Una peculiaridad observada en el presente caso se refirió al manejo de las *etiquetas de material y etiquetas de categoría*. Un mismo elemento, como el caso de un muro, puede ser etiquetado a partir de sus capas, donde se mostrará el material de cada componente, o a través de su categoría, donde se mostrará el tipo de muro que es (por ejemplo: M02, M03, etc.). De esta manera, en todas las láminas de detalle observadas el tratamiento de las etiquetas presentó dichas características, aludiendo a un manejo profundo de la herramienta.

Por otra parte, se observó, al igual que en el caso de ***DN_c2a***, que la información obtenida de las etiquetas estaba referenciada a la *descripción* del material y no a su nombre. Como se comentó, la ventaja de trabajar de esta manera implicó poder diferenciar entre el nombre del material y la descripción técnica que se coloca para ser leída.

En el resto de los trabajos, a diferencia de las carpetas analizada previamente, la gestión en referencia a las etiquetas se presentó de manera heterogénea, donde se aplicó en algunos componentes del modelo, pero en la mayoría de los casos se basó en información cargada manualmente y no a través de un cruce de información.

De esta manera, en la carpeta de ***NL_c2a***, específicamente en la *planta baja* del proyecto, se observó que la etiqueta correspondiente al *cuadro de terminaciones* presentó un tratamiento manual de la información. Luego de analizar las características, se comprueba que la etiqueta no lee ningún parámetro de la habitación donde se encuentra, sino que los datos expuestos son cargados individualmente. No es un parámetro que adopta información, es un texto plano.

Lo esperable para estos casos es cargar la información base de los *acabados* (muro, techo, piso y zócalo) directamente en las propiedades de la habitación en cuestión, específicamente en los *datos de identidad*. De esta manera, se logra que desde cualquier vista donde la habitación esté presente, las *etiquetas de terminaciones* lean dicha información, sin tener que cargarla para cada una de las láminas de manera manual e individual.

En otra de las situaciones observadas donde no existió una gestión de las etiquetas (continuando en la carpeta de ***NL_c2a***) fue en las láminas de *secciones*, específicamente

en los *detalles*. Se advierte que las *etiquetas de categorías* son en realidad un texto plano que hace no referencia a ningún parámetro. Para el resto de los casos (como las *etiquetas de muros, de áreas, etc.*), se presenta un tratamiento apropiado, en la medida que se gestionan en las diversas láminas de todo el modelo digital.

Por último, en los casos de *DC_c2a* y *FS_c2a* no se realizó el análisis pertinente porque ambas carpetas no presentaron una gestión en lo referente a la *parametrización de etiquetas*. A diferencia de lo observado en todos los casos anteriores, donde en mayor o menor medida existió una incorporación de etiquetas referenciadas a elementos del modelo digital, en los presentes ejemplos no se observó en ninguna de las láminas. Como se comentó al inicio del análisis, ambos trabajos plantearon (en referencia a la estrategia digital) un desarrollo más acotado, donde se observó un avance poco profundo en muchos de los puntos estudiados.

Como punto final de la etapa documental, pero también del análisis general, se procedió a verificar las **(c3) vistas de detalles CAD vinculadas y referenciadas en el modelo.**

Hoy en día, aun en el nivel de madurez presente dentro del BIM, la actividad en CAD no se ha prescindido completamente del flujo de trabajo, principalmente para cuestiones puntuales, como detalles técnicos, planillas de terminaciones o documentos de asesores que no manejan la herramienta. No es que en la herramienta Revit no se puedan desarrollar, sino que, debido a la cantidad de años que el CAD lleva entre los profesionales, se ha generado un volumen gráfico que es difícil de renunciar (tampoco es necesario hacerlo ya que son herramientas que se complementan).

Dentro del Revit, el trabajo con archivos CAD se puede desarrollar a partir de dos posturas: *importar o vincular*. La diferencia en su estructura se basa en la forma de utilizar los archivos relacionados. De esta manera, *importar* involucra incluir el modelo CAD dentro de los documentos del archivo, pero cortando toda referencia con el archivo base. Esto implica que cualquier cambio en el CAD de origen no se verá reflejado dentro del Revit. Por otra parte, cuando un archivo CAD se *vincula*, el mismo es importado como una *referencia externa*. Por tanto, si se hicieran cambios en el archivo original dentro del CAD, dichos cambios se reflejan en el Revit (por su condición de referencia externa).

Una de las principales ventajas de trabajar con *vínculos* (frente a *importar*) se basa en las posibilidades de control del archivo anidado, porque permite modificar una serie de parámetros, como la visibilidad de las capas (apagarlas y prenderlas), también sus colores y sus grosores de línea. Por lo que, aun siendo un dibujo en dos dimensiones, posibilita cierta edición dentro del Revit, logrando una integración más directa con los documentos generados.

Por lo tanto, se verificó si para cada una de las carpetas los estudiantes trabajaron con archivos CAD dentro del Revit, pero además se analizó la manera en que se vincularon dichos archivos dentro de la estructura de trabajo BIM. De esta manera, al indagar en cada uno de los casos se constató solo una situación particular, perteneciente *AE_c3a*, donde se trabajó con archivos CAD vinculados al software. Sin embargo, no fue utilizado como una referencia para emitir planos. Por lo tanto, se pudo suponer que el universitario trabajó con archivos CAD, los vinculó al Revit en algún momento del proceso de trabajo, pero terminó generando los planos directamente desde el CAD.

Independientemente que solo en una carpeta se hayan encontrado rastros de archivos CAD vinculados, no significa que el CAD sea algo inexistente para los documentos analizados. A partir de observar los archivos PDF entregados como documento final del curso, sumado a los comentarios de los propios entrevistados, se advierte que el vínculo con el CAD fue un elemento común en la estructura de trabajo (a pesar de las evidentes diferencias para cada una de las carpetas). La particularidad observada es que los archivos CAD no fueron incorporados al Revit como un estructurador del trabajo, sino que se trabajaron de manera independiente desde el propio software AutoCAD.

Al igual que en los puntos anteriores, y con el único objetivo de facilitar la lectura ordenada de los datos observados y los puntos analizados, se presenta la siguiente tabla donde se resume y clasifica lo indagado previamente.

Figura 15:

	(c) Etapa documental						
	(c1) Plantillas de vista			(c2) Textos de etiquetas		(c3) Vistas de detalles CAD vinculadas y referenciadas en el modelo	
	(c1a) Utilización de configuraciones específicas para cada conjunto de piezas gráficas			(c2a) Parametrización de etiquetas			
	Aplicación de plantillas de vistas para todo el conjunto de láminas del proyecto	Aplicación de plantillas de vista para un grupo específico y acotado de láminas	Ausencia total de uso de diferentes plantillas de vista	Gestión integral de las etiquetas	Gestión heterogénea en la incorporación de las etiquetas	Archivos CAD importados al Revit	Archivos CAD vinculados al Revit
<i>DN</i>		X		X		X	
<i>NL</i>		X			X	X	
<i>AE</i>	X			X			X
<i>JT</i>		X		X		X	
<i>DC</i>			X		X	X	
<i>FS</i>			X		X	X	

Nota: cada una de las marcas corresponde al lugar donde se ubica, a partir del análisis, las diferentes carpetas según el punto tratado. Elaboración propia.

Como se comentó en los capítulos anteriores, el propósito final del análisis e interpretación de las carpetas apuntó a conocer cómo ocurrió la utilización de los medios digitales en los proyectos de arquitectura. De esta manera, con la finalidad de establecer el análisis documental, se gestaron una serie de categorías (estudiadas en el presente capítulo) donde encasillar a cada uno de los desarrollos digitales en los diversos proyectos de arquitectura.

Por otro parte, una vez finalizada la investigación documental, a partir de la selección, organización, análisis e interpretación de las carpetas estudiadas, se buscó posicionar a cada uno de los trabajos dentro de una estrategia digital específica, conformada a partir de las lógicas representacionales, paramétricas y/o generativas.

En este contexto, es importante aclarar que el uso de un software determinado no implica necesariamente un tipo de estrategia digital particular. De este modo, por más que todos los trabajos analizados se hayan desarrollado completamente en el software Revit, no implica que su modelo digital tenga las características que lo posicionan dentro de una estrategia paramétrica de trabajo. Para que dicha relación se establezca, según plantea Arteta, (2017), es necesario contemplar durante el proceso de diseño algún tipo de estrategia sobre cómo relacionar la arquitectura y la digitalidad. No obstante, a la hora de conformar las categorías del presente análisis documental, conocer el software donde se desarrolló el proyecto permitió ayudar al establecimiento e implementación de los diferentes puntos a ser analizados.

Por lo tanto, a partir de los resultados del análisis documental y lo constituido por las diferentes categorías de las estrategias digitales, se posicionó a cada una de las carpetas analizadas dentro de una lógica de trabajo específica. En consecuencia, de los seis casos estudiados, cuatro (pertenecientes a *DN*, *NL*, *AE* y *JT*) se localizaron claramente bajo una metodología paramétrica de trabajo. Sin embargo, el resto de los documentos (correspondiente a *DC* y *FS*), presentaron una estructura de implementación digital muy dispar, que por momentos se posicionó en una lógica paramétrica, pero en otros casos se encontró claramente en una lógica representacional.

Por otra parte, en ningún caso se advirtió una implementación estratégica vinculada a lógicas estrictamente generativas, en la medida que ninguno de los proyectos se desarrolló dentro de una estructura de trabajo enteramente algorítmica, donde la generación de la forma (única e irrepetible), fue el producto de una ejecución recursiva a través de medios informáticos. De ahí el nombre de lógicas generativas.

Respecto al primer grupo de carpetas comentada previamente, independientemente de su clara ubicación en relación con una lógica donde el proyectista construyó de forma consciente y controlada cada una de las relaciones existentes entre los diferentes elementos del proyecto, se observaron un conjunto de diferencias internas que posicionaron a cada uno de los casos en un estrato diferente dentro de la lógica

paramétrica. Por una parte, no en todos los casos se advirtió la existencia de componentes o elementos del proyecto vinculados a través de leyes relacionales. Este proceso implicó que, en algunas carpetas como en el caso de *AE* y *JT*, se encontraran diseñados los elementos básicos del sistema, pero la elaboración y programación de algunos vínculos no se logró conformar generalizadamente en todo el proyecto. Por otro lado, vinculado al punto anterior, otra de las características destacables de un sistema paramétrico es su modo de funcionamiento, donde el proyecto busca trabajar de manera solidaria como un todo. Este aspecto no se observó de manera extendida en las carpetas de *AE* y *JT* (*frente a los caos de DN y NL*), en la medida existió una insuficiencia de comandos asociados, donde la actualización completa y al instante de todo el modelo se desarrolló a partir de casos muy aislados. No obstante, dicha insuficiencia no fue una exclusividad de las carpetas mencionadas, sino que también se observó, en mayor o menor medida, en todos los ejemplos analizados.

De esta forma, se advierte la complejidad inherente al análisis del proceso de proyecto en relación con lo digital, donde cada uno de los componentes estudiados presenta una serie de matices que implica tener en cuenta una multiplicidad de variables, generando que la lectura y el análisis sea un proceso donde no siempre se logra establecer un posicionamiento claro de cada uno de los casos.

Un ejemplo de la complejidad comentada anteriormente se advirtió en las diferentes visiones que los autores presentaron sobre la utilidad de los diseños *paramétricos*. Para algunos, como el caso de Szalapaj (2001), no se encuentra en los aspectos vinculados a en la capacidad de presentación, sino en la aptitud para predecir y evaluar el proyecto. De esta manera, la capacidad de analizar soluciones de diseño con el objetivo de comprender mejor el problema arquitectónico y proponer soluciones más eficientes, se entiende como el aspecto fundamental de su desarrollo. Así, la información contenida del modelo pasa a ser el elemento relevante del proceso de trabajo, en la medida que la información es la que permite tomar las resoluciones de diseño. En este contexto, a partir de los datos leídos del análisis documental, el tratamiento de la información para la evaluación de los proyectos presenta un abordaje primario para todos los casos, sin embargo, las carpetas de *DN* y *NL* incorporaron especificidades que las destacan del resto.

Por otra parte, las carpetas de *DC* y *FS* se posicionaron, como se comentó en párrafos anteriores, dentro de una estructura de trabajo híbrida. De esta manera, en algunos casos se presentaron al interior de una lógica representacional, donde el manejo de la herramienta digital se trabajó como un instrumento para facilitar la representación gráfica de las formas arquitectónicas, mientras que en otros casos el uso de la herramienta digital se volcó hacia un trabajo que permitió a los estudiantes involucrarse directamente en el diseño de algoritmos y lenguajes computacionales. No obstante, haciendo una lectura general de las categorías analizadas para dichas carpetas, el posicionamiento en lógicas de trabajo representacionales fue mayor y más extendido.

En este punto, es importante volver a comentar algunas consideraciones sobre las dos carpetas en cuestión. Según se observó, el grado de avance, en referencia al proyecto de arquitectura, presentó un desfase con relación al resto de las carpetas. A su vez, también se advirtió un desarrollo menor del proyecto digital, que puede ser consecuencia de un menor progreso del proyecto de arquitectura en general. Las causas pueden ser variadas, pero se pueden suponer dos posibles situaciones. Por un lado, las carpetas entregadas por el taller y los propios estudiantes correspondieron a un estado de avance inicial del proyecto. Igualmente, al reclamar los documentos, todos los estudiantes, como también desde el taller Comerci, enviaron el último archivo con que contaban. De esta manera, se trabajó con los últimos documentos existentes. Por otra parte, se puede entender que dichas carpetas presentaron un desarrollo más conciso, aspecto que los llevó a vincularse de manera más superficial con la herramienta digital.

Sin embargo, el propósito del presente estudio se encontró referido a la vinculación entre la arquitectura y la digitalidad, donde el grado de avance del proyecto no es de relevancia para el correcto desarrollo del estudio documental, en la medida que muchas de las consideraciones analizadas dentro del estudio son plausibles de aplicar en cualquier estrato del proceso de proyecto.

7 Consideraciones finales

El establecimiento de la presente tesis, desde el mismo planteamiento del problema y fundamentación teórica, hasta adentrados en el estudio de caso, **buscó profundizar sobre el papel del dibujo en relación con la arquitectura, entendiéndolo no solo como un medio de expresión** (instrumento para facilitar la representación de la propia idea proyectual), **sino también como un medio de creación de las ideas**, donde se establece como un verdadero elemento generador de pensamiento para formular y abordar los diversos problemas de diseño. “El dibujo como el lenguaje por excelencia de la arquitectura” (Gámiz, 2003, p. 91).

Sin embargo, se advirtió como el dibujo, principal instrumento de representación de la disciplina (que puede asumir variadas manifestaciones, como el dibujo libre, el dibujo técnico, la geometría, modelos tridimensionales, modelos electrónicos, maquetas, fotografías, etc.), tiene una capacidad limitada para transmitir alguna de las características del mundo en que se encuentra. En este sentido, ni el más completo conjunto de planos, de perspectivas, maquetas, fotografías, etc., puede ser reemplazo de la experiencia “real y personal de los valores arquitectónicos de un edificio concreto” (Sainz, 1990, p. 28). Se destaca, en consecuencia, como **la representación del espacio arquitectónico se encuentra restringida por el medio gráfico en donde se desenvuelve**, estableciendo una vinculación entre el objeto generado y el tipo de dibujo utilizado.

Por otra parte, complementando lo mencionado, se observó como la tradicional **relación entre el dibujo y la arquitectura ha ido evolucionando a lo largo de la historia**, configurándose, al igual que otras manifestaciones artísticas, de acuerdo con los cambios culturales que la sociedad experimenta. En este sentido, como forma de expresión cultural, la arquitectura refleja las condiciones y circunstancias bajo las cuales ha sido concebida y construida. Es así como **los diferentes avances en el campo de la representación han influido en diferentes y variadas formas de producir arquitectura**, configurándose “desde la rigurosidad modular del Clasicismo y el nacimiento de la geometría euclidiana; hacia un informalismo contemporáneo a través de la incorporación del cálculo matemático digital y una fuerte revisión del espacio cartesiano tradicional” (Chiarella, 2009, p 52).

En este contexto, se advierte como el dibujo, cuyo fin último es la propia arquitectura, está íntimamente vinculado con la civilización a la que pertenece, al igual de lo que sucede con el lenguaje verbal o escrito. En este sentido, los sistemas de representación utilizados al servicio de unos fines se encuentran restringidos a las técnicas y recursos conocidos y dominados de esa época. De tal manera, el tipo de medios y técnica de representación a ser utilizado tiene un efecto directo y duradero en el pensamiento y hacer arquitectónicos, ya que los arquitectos dependen

de las representaciones para diseñar, comunicar y criticar las arquitecturas, **dejando éstas de ser solo herramientas de trabajo y constituyéndose en el mismo universo de discurso donde la producción arquitectónica se despliega.**

Dentro de la contemporaneidad, ámbito temporal donde se posiciona la presente tesis, el cambio de paradigma, sustentado en la introducción de los sistemas computarizados en la arquitectura y la construcción, caracterizado por la no linealidad, lo dinámico e imprevisibles, ha ido modificando las tradicionales concepciones espaciales de la arquitectura (cambios comparables al descubrimiento de la perspectiva como sistema de proyección y representación en el renacimiento, o a la influencia de la revolución industrial de principios del siglo XX), principalmente en los ámbitos de representación, visualización, gestión de la información y utilización del concepto de virtualidad. **En consecuencia, se advierte cómo los cambios producidos por los medios digitales hacen inevitable un grado comparable de cambio en la práctica y pensamiento arquitectónico.** Es así como el arquitecto Kolarevic (2003, p. 03) expresa: “Las tecnologías digitales están cambiando las prácticas arquitectónicas de una manera que pocos eran capaces de anticipar hasta hace muy pocos años”.

Esta serie de cambios surgidos durante las últimas décadas, profundizándose a finales del siglo pasado, no se han limitado a ser un simple relevo de las herramientas tradicionales de gestación y representación, sino que ha generado lo que muchos autores llaman una revolución digital. **Este giro digital, sustentado en la introducción de los sistemas computarizados en la arquitectura y la construcción, ha propiciado modificaciones en las concepciones espaciales de la arquitectura. El transcurso de este proceso ha dado como resultado un paulatino alejamiento de los esquemas de diseño y producción tradicionales, enmarcados en la estabilidad y rigurosidad modular del espacio cartesiano y geometrías euclidianas, permitiendo la aparición de nuevas búsquedas formales y transformando, en consecuencia, las bases de lo que se ha entendido como arquitectura desde hace cinco siglos (Fernández, 2013).**

Por tanto, se observa cómo las nuevas posibilidades planteadas por los sistemas de representación digital han ido alterando, paulatinamente, las diversas formas arquitectónicas tradicionales, estableciendo otras maneras de conceptualizar y diseñar que derivan en un nuevo tipo de construcción. En tal sentido, **no se puede eludir el papel que establece el dibujo digital asociado a la disciplina, no sólo como un instrumento para comunicar las ideas de diseño (vinculadas ciertas etapas del proceso de proyecto) sino como un verdadero generador de pensamiento.** El dibujo digital, al igual que otras de las muchas manifestaciones del dibujo a lo largo de la historia, se establece como otra manera de comunicar e idear un proyecto, y en tal sentido la presente tesis fundamentó su estudio, conceptualización, desarrollo y conclusiones.

7.1 La estrategia digital dentro de la FADU

En este contexto, con el objetivo de indagar las implicaciones conceptuales y técnicas de los medios de producción digital sobre la didáctica proyectual de la arquitectura, se posicionó la investigación dentro del escenario del proceso de enseñanza-aprendizaje del proyecto de arquitectura: el aula de taller, específicamente en el curso final de carrera del taller Comerci durante los años 2018 y 2019. Desde ese lugar se pretendió descubrir cómo se implementaron los medios digitales en los proyectos de arquitectura, además de identificar su relevancia en las diferentes etapas del proceso de diseño, con el propósito de poner de manifiesto las diversas estrategias digitales que se están produciendo en la enseñanza del proyecto bajo la influencia de las herramientas digitales en el ámbito de la FADU (UdelaR).

El desarrollo de la investigación, mediante la construcción y aplicación de las herramientas de recolección de información, se estructuró a partir del análisis de la producción arquitectónica, específicamente en el campo de lo proyectual, donde más allá de investigar sobre el software o hardware utilizado por los estudiantes, se buscó entender la relevancia y el modo en que las tecnologías digitales se vincularon con la producción de arquitectura dentro del curso de TFC del estudio de caso. En otras palabras, la investigación se estructuró a partir de entender cómo las técnicas y tecnologías de representación digital han impactado a la arquitectura dentro del ámbito académico de la FADU (UdelaR).

Por otro lado, la producción de la tesis no se organizó en torno a la discusión sobre si se acepta o no la implementación de lo digital en la arquitectura. Dicho debate a estas alturas de los acontecimientos es en vano, en la medida que lo digital ha llenado la totalidad del mundo de la arquitectura. Es muy difícil encontrar, en nuestra contemporaneidad, alguna oficina de arquitectura privada, o taller de anteproyecto dentro de la facultad que no dibuje o gestione toda la información mediante métodos computarizados. De esta manera, su implementación, tanto en el ámbito académico como el profesional, ha gestado nuevos y cambiantes escenarios que hoy en día no se pueden eludir.

Sin embargo, uno de los principales elementos que decantó en el desarrollo de la investigación estuvo vinculado al papel en que se ha posicionado históricamente, dentro de la FADU (UdelaR), a la herramienta digital en relación con la arquitectura. Según el autor de la tesis (docente e investigador del Centro de Integración Digital), **el abordaje institucional sobre la incorporación de lo digital, a pesar de la existencia de experiencias puntuales, no ha invertido tiempo en indagar sobre cuál debería ser el papel de las tecnologías de información y comunicación en la enseñanza arquitectónica.** Además, las aproximaciones se han desarrollado por decisión de los docentes en cursos aislado, donde no se ha investigado sobre el rol de la academia en la capacitación de futuros arquitectos para el manejo de las herramientas informáticas y,

por otro lado, no se ha inquirido si es necesario que exista una diferencia entre la utilización de las tecnologías con objetivos pedagógicos y la capacitación en el manejo de herramientas digitales específicas para satisfacer las necesidades de un futuro mercado laboral.

Un ejemplo de la manera de abordar lo digital, por parte de los talleres de arquitectura (centro de la investigación), se observó dentro del capítulo de metodología, específicamente en la inmersión inicial. En este punto, luego de una serie de indagaciones sobre las publicaciones en los diferentes repositorios webs de los cursos de TFC y de una sucesión de conversaciones con actores calificados para cada uno de los diferentes talleres, se advirtieron dos consideraciones principales. Por un lado, **se entendió que las estrategias de diseño digital elegidas por los estudiantes se podrían encasillar, casi exclusivamente, dentro de una lógica representacional**, donde las computadoras han sido utilizadas como instrumento de dibujo o representación, relegando las estrategias computacionales a casos particulares y en un número reducido de proyectos (a excepción del curso del taller donde se desarrolló la investigación de campo). Por otro lado, se observó que **del total de proyectos que hacían uso de las estrategias digitales algorítmicas, un porcentaje significativo de estudiantes las realizó bajo lógicas representacional**, independientemente de haber sido desarrolladas por un software que posibilita otras estrategias digitales, como el caso de Revit o ArchiCAD.

Asimismo, se observó como la falta de un apuntalamiento, entendimiento y seguimiento de las iniciativas de los estudiantes en relación con las estrategias digitales generó que su aplicación, aún dentro de lógicas proyectuales computacionales, fue utilizada principalmente como herramienta de representación, de la misma manera que el dibujo en papel, no aportando ninguna información con respecto a sus intenciones o funcionamiento. Así, los métodos algorítmicos de trabajo fueron reducidos, de la misma manera que los representacionales, a ser instrumentos operativos para expresar la forma arquitectónica.

En consecuencia, a partir de un primer contacto con el objeto de estudio (con el propósito de obtener una serie de apreciaciones para encaminar o redefinir el lugar donde fundar la investigación), se advirtió cómo la enseñanza dentro de los talleres indagados (en relación con la arquitectura y la digitalidad) era desarrollada en un ambiente híbrido de trabajo, conformada por los sistemas de producción tradicionales y las herramientas digitales. Sin embargo, en la mayoría de los casos se advirtieron desarticulaciones entre ambos sistemas, en la medida que fueron conformados sin una suficiente y reflexiva aproximación (por parte de los responsables) a los cambios acontecidos en los medios de expresión y la forma de conseguir, administrar y transmitir la información en la contemporaneidad.

Por tal motivo, la elección del espacio académico donde se desarrolló la investigación estuvo marcada a partir de este punto, en la medida que el estudio se enfocó en el único lugar de la FADU (UdelaR) donde se constató una metodología de trabajo digital implementada desde el propio equipo docente (no a la inversa) a partir de una estrategia académica pensada y desarrollada de antemano.

Así, la selección del objeto de estudio quedó definida por el caso más apropiado (según el criterio del autor) para el presente estudio de investigación, en la medida que vincular la tesis en alguno de los talleres donde la estrategia digital era implementada exclusivamente por los estudiantes (donde no existió una discusión institucional sobre lo digital) implicaba la posibilidad de desarrollar una investigación vacía en relación con los objetivos planteados. Como se comentó previamente, las razones se encuentran en que para algunos autores (entre los cuales el investigador de la presente tesis adhiere), las estrategias representacionales son las más extendidas en el ámbito de la arquitectura, pero determinan un acercamiento puramente superficial al mundo de lo digital (llegando a considerarse como no-digitales), donde el diseñador nunca es realmente consciente de las relaciones computacionales inherentes en el proceso de diseño (Arteta, 2017).

En esta situación, independientemente de haber centrado el foco de aplicación de la tesis a un sector específico de la institución (taller Comerci), los objetivos establecidos por la investigación se mantuvieron invariables, en la medida que buscaron establecer las estrategias de producción digital sobre las etapas del proceso de proyecto, en resumen: la relación entre la arquitectura y la digitalidad, al margen del lugar específico dentro de la institución y de las herramientas informáticas utilizadas. Como se observará en los próximos párrafos, desarrollar un proyecto dentro de un software específico, como puede ser Revit o ArchiCAD, no implica necesariamente una estrategia digital en particular, dicha relación se establece a partir de una serie de aspectos que se advierten durante la investigación de campo.

Llegados a este punto, y antes de comenzar en observaciones específicas del estudio de caso, es importante precisar algunas consideraciones sobre la generalización de los estudios cualitativos, incluido el presente estudio de caso. Como se comentó anteriormente dentro del capítulo de Metodología, la elección de los casos no estuvo sujeta a una regla probabilística, donde la posibilidad de extraer las conclusiones obtenidas en los análisis no aplicó al planteo metodológico presentado. De esta manera, las consideraciones finales aquí establecidas responden exclusivamente a lo observado en los seis casos de estudio del taller Comerci, correspondiente a los años 2018 y 2019.

7.2 Observaciones del estudio de caso

En el ámbito del estudio de caso implementado en el taller Comerci, a partir de las entrevistas en profundidad y el análisis documental de las seis carpetas, la presente

investigación permitió observar una serie de puntualizaciones en referencia a la forma en que se desarrolló la implementación de los medios digitales en las etapas del proceso de diseño (estrategia digital). Sin embargo, hasta este momento, cada una de las herramientas de recolección de información fue aplicada, desarrollada y analizada de manera independiente sobre los casos de estudio. En este sentido, se formularon una serie de observaciones generales, a modo de conclusiones, que buscaron establecer un entendimiento en conjunto a partir de las herramientas utilizadas.

Uno de los primeros aspectos que se destacó de la investigación surgió a partir de las diferencias observadas entre los resultados del análisis documental y los comentarios de las entrevistas en profundidad. Dichas discrepancias no fueron extendidas, pero sí observadas en puntos importantes de la investigación. Como se comentó previamente, comprender la relación entre la arquitectura y la digitalidad implicó la necesidad de estudiar cada uno de los casos a partir de diferentes posiciones, no solo en referencia a las herramientas utilizadas, sino también dentro de ellas. De esta manera, la necesidad de analizar el objeto de estudio desde múltiples perspectivas determinó un conjunto de realidades que por momentos se advirtieron opuestas.

Desde las perspectivas de las entrevistas en profundidad, se observó como cada uno de los casos indagados posicionó su estrategia digital dentro de una estructura de trabajo computacional, vinculada a lógicas algorítmicas. Sin embargo, al realizar los análisis documentales de esos mismos estudiantes, se advirtió como existieron una multiplicidad de aspectos que alejaron, para alguna de las carpetas (y en ciertos puntos), la lógica de trabajo hacia metodologías mayoritariamente representacionales.

En este sentido, la visión general que los entrevistados presentaron de su estrategia digital no siempre coincidió con lo analizado a partir de estudiar cada una de las carpetas. Dichas diferencias se concentraron principalmente en la forma en que cada uno de los casos administraron las relaciones entre los elementos y gestionaron la información contenida dentro del modelo digital. Para todos los casos analizados, **los aspectos paramétricos estuvieron vinculados, principalmente, a la mecanización de los procesos de dibujo, asociado a un ahorro de trabajo estrictamente mecánico.** Existieron casos donde dichas relaciones sucedieron de una manera más profunda, pero **a nivel general, la parametrización del flujo de trabajo estuvo vinculada a nivel de proyecto de manera tangencial, acercándose, en parte, a lógicas cercanas a las representacionales.**

A tal efecto, se pudo observar, para alguna de los ejemplos estudiados, algo similar a lo acontecido durante el análisis preliminar (comentado anteriormente), donde el uso de la herramienta paramétrica estaba asociado a lógicas puramente representacionales, independientemente de estar desarrolladas en un ambiente algorítmico. Es importante aclarar que el acercamiento a las lógicas representacionales, aquí mencionadas se posiciona desde un ámbito de desarrollo paramétrico,

aproximándose a lógicas representacionales, pero nunca posicionándose directamente en ellas, a diferencia de lo observado durante la inmersión inicial.

En este sentido, tomando en cuenta las tres estrategias establecidas durante la construcción de las herramientas de recolección de información y, por otro lado, las complejidades propias del proyecto arquitectónico, **se observa que la estrategia habitual se presenta como una combinación o mixtura de aproximaciones** (estableciendo, de esta manera, diferentes grados de profundidad en el uso de las herramientas informáticas). Este aspecto, observado y constatado durante el estudio de campo, se fue moviendo desde lógicas puramente representacionales a lógicas estrictamente paramétricas. **Sin embargo, para ninguno de los casos analizados, según lo observado en la implementación de las herramientas de recolección de información, el diseño generativo se hizo presente.** En todos los ejemplos, las estrategias se movían dentro de lógicas puramente paramétricas o paramétricas-representacionales, pero en ninguno de los modelos la generación de la forma fue el producto de una ejecución recursiva a través de medios informáticos (aspecto inherente en las lógicas generativas).

La combinación de diferentes métodos de diseño digital se entiende como un proceso cada vez más presente en la metodología de trabajo de los estudiantes, que a su vez se mezcla con los procesos tradicionales de trabajo, generando una mixtura donde la combinación de manera libre y creativa de todas las posibilidades se establece como el único camino para obtener una arquitectura digital adaptada a las posibilidades impuestas por la contemporaneidad.

No obstante, la falta de una aproximación desde un extremo generativo es coherente con el estado de madurez (o carencia) que se observa en la implementación de lo digital en la FADU (UdelaR), donde todavía se está discutiendo, a nivel institucional, la pertinencia de los sistemas representacionales, ubicados en el extremo opuesto de los generativos (comentado dentro del apartado de Estrategias Digitales) y donde recién se están contemplando los primeros acercamientos a los sistemas paramétricos (aunque muchos de estas aproximaciones se están desarrollando desde una visión puramente representacional, como fue comentado previamente). Poner en debate algunos de los aspectos asociados a los sistemas generativos, donde se llega hasta poner en duda la propia autoría del arquitecto como diseñador del objeto, va a requerir que primero se establezcan sólidas bases de diálogo entre la arquitectura y los entornos digitales como elementos de ideación y diseño.

Por otra parte, como se comentó a lo largo de la investigación, a pesar de la visión institucional sobre el binomio arquitectura y digitalidad, existen experiencias puntuales donde el debate digital en relación con la enseñanza de la disciplina se encuentra presente y activo. En este sentido, un siguiente apunte del análisis se vincula al **papel de la cátedra del TFC del taller Comerci en la configuración de la estrategia**

digital. Este aspecto, previo al desarrollo del estudio de campo, fue una de las características que decantó el desarrollo de la investigación en el taller Comerci.

En tal sentido, trazando un paralelismo entre lo observado en la inmersión inicial y lo analizado con las herramientas de recolección de información, **se advirtió como la implementación digital en el proceso de desarrollo de proyectos de arquitectura depende principalmente del compromiso y políticas de la cátedra (entendidas como estrategias institucionales) como también de la posición del equipo docente en cuanto a su capacidad de actualización en el manejo de las herramientas digitales.** De esta manera, se advirtieron diferencias significativas en las estrategias digitales desarrolladas desde el propio taller, pensadas institucionalmente, a las implementadas exclusivamente desde los estudiantes (como las observadas durante la inmersión inicial).

De esta manera, **cuando las estrategias son implementadas desde los alumnos,** aspecto observado en la totalidad de los cursos de TFC de los diferentes talleres (con la excepción del caso estudiado), **se destaca una aproximación heterogénea al ámbito de lo digital, donde cada estudiante implementa una estrategia diferente sin tener en cuenta la visión global del problema.** A su vez, se advierte una falta de apuntalamiento, entendimiento y seguimiento de las iniciativas de los estudiantes en relación con las estrategias digitales implementadas. Este aspecto genera que su aplicación, aún dentro de lógicas proyectuales computacionales, sea utilizada principalmente como herramienta de representación, de la misma manera que el dibujo en papel, no aportando ninguna información con respecto a sus intenciones o funcionamiento. **Así, los métodos algorítmicos de trabajo son reducidos, de la misma manera que los representacionales, a ser instrumentos operativos para expresar la forma arquitectónica.**

Este proceso, conformado en la falta de una aproximación institucional al problema, determinó que las metodologías de enseñanza más extendidas dentro de la institución (en relación con lo digital y la arquitectura) fueron sintetizadas en la realización de cursos de capacitación de comandos específicos de un software determinado. Es una manera de entender el problema únicamente desde un punto de vista técnico, que se resuelve en un carril paralelo al resto de los intereses académicos de la disciplina.

Trabajar en una estrategia digital no es enseñar a usar un programa de computadora. La adquisición de capacidades técnicas es una parte del proceso, pero su implementación debe de ir acompañada de un planteamiento pedagógico integral, donde el énfasis se ubica en la metodología y forma de aplicación. Establecer una estrategia digital para todos los casos en su conjunto es posible únicamente a través de un planteo estructural, proveniente desde la planificación institucional.

En este sentido, la existencia de aproximaciones puntuales es positiva (desde una visión específica y a corto plazo), pero no tienen ninguna incidencia a nivel general de la institución, porque como se comentó, no son entendidas estructuralmente a la carrera. Algo similar sucede con los diferentes acercamientos a lo digital que se promulgan desde el Centro de Integración Digital (CID), que a pesar de estar enmarcadas desde de un ámbito conformado dentro de la carrera, su implementación, desde el nuevo plan de estudios, se sigue entendiendo como un servicio instrumentalista al resto de la carrera, más que como un centro de investigación, enseñanza y extensión de la arquitectura y lo digital.

Retomando los casos analizados, a partir de las metodologías de trabajo observadas en los diferentes estudios de campo, se advierte como los procedimientos desarrollados bajo las tecnologías digitales permitieron a los estudiantes experimentar otras posibilidades de acercamiento al proceso de proyecto, más allá de las tradicionales (independientemente del resultado obtenido). De esta manera, la relación entre el proyecto de arquitectura, el estudiante y la herramienta generó una sinergia que posibilitó otras vinculaciones potenciadas por el instrumento digital.

Se observa, en consecuencia, que **el manejo profundo de la herramienta digital no implica, necesariamente, un correcto resultado en los procesos pedagógicos, sino que hace falta un criterio de aplicación general, que profundice en la forma y metodología de aplicación**, y que involucre a todos los actores, principalmente la institución educativa y el equipo docente en vinculación con los estudiantes.

Sin embargo, no se debe de entender a los procesos digitales como un sustituto de las tradicionales lógicas de trabajo, sino como un proceso de convivencia, que permite agilizar e intensificar algunos procesos. Uno de los comentarios más repetidos por parte de los entrevistados estuvo referido a este aspecto, donde las posibilidades de experimentar otros acercamientos al proyecto, además de los tradicionales, les permitió un desarrollo más profundo en las posibilidades del proyecto.

Otro de los aspectos relevantes que se observaron, en relación con el punto anterior, se vincula a la figura del docente Sergio Barreto como artífice del curso de TFC del taller Comerci. No solo en lo referente a la incorporación digital en el proyecto, sino también a la materia arquitectónica. No obstante, según los comentarios de los propios estudiantes, la fuerte dependencia de la estrategia digital implementada en el curso a una única figura de relevancia presentó una serie de debilidades, principalmente por un tema de escala. Según la dinámica observada en el curso de TFC del taller Comerci, lograr extrapolar esta lógica de trabajo digital a cursos masivos se advierte incompatible, en la medida que es fundamental un constante seguimiento docente en cada uno de los alumnos.

Por las propias características complejas de un proyecto de arquitectura, sumado a un curso relativamente corto (un año, donde se desarrolla la idea en una mitad y se implementa en la siguiente) y abordado a partir de una herramienta digital novedosa para los estudiantes (independientemente del manejo particular de cada uno de ellos), generó una mixtura donde el rol mediador del docente, entre la herramienta digital y los estudiantes, se presentó fundamental para que todo el engranaje funcione. Con esto no se quiere decir que sea incompatible implementar una lógica digital a cursos masivos de taller, sino que extrapolar la dinámica observada en el curso de TFC de Comerci requerirá que los docentes involucrados manejen los diversos instrumentos digitales, no con la necesidad de enseñar su uso específico, sino para que el software este combinado dentro del curso, entendiéndolo como un elemento integral.

Basados en todas las observaciones presentadas, se considera como un aspecto relevante que los talleres de arquitectura tendrán que incorporar, tarde o temprano, los instrumentos digitales desde una perspectiva estratégica, alejados de los aspectos instrumentistas y aplicados integralmente en el plan de estudios. **Independientemente que este proceso suceda o no, la incorporación digital va a seguir su curso, adentrándose cada vez más en todos los rincones de nuestra cotidianeidad, no siendo la disciplina arquitectónica una excepción.**

Las posibilidades planteadas por la herramienta digital, no solo como instrumento de representación, son tomadas por los propios estudiantes, aunque los docentes no sean conscientes de ello. El tema se encuentra en abordar la problemática a tiempo, en la medida que deben darse los espacios necesarios para discutir qué estrategias de implementación se pueden diseñar, y cómo se debe hacer su seguimiento y evaluación.

Abordar las capacidades del instrumento digital como acompañante del diseñador, no exclusivamente en las etapas de representación, sino en todas las fases que involucra del diseño arquitectónico, se establece como un aspecto fundamental para producir un verdadero cambio sobre la visión anticuada de lo digital en la disciplina. Quitando algunos casos puntuales, comentados durante el transcurso de la presente tesis, aún hoy en día, dentro de la FADU (UdelaR), se encuentra el mismo repertorio de sistemas de representación que se han utilizado desde hace más de un siglo. Algunos, incluso, se establecen sin ninguna variación desde hace aún más tiempo. En este sentido, se podría observar, tal como enfatiza Velandia (2009), que a pesar de haber pasado una primer y segunda generación de arquitectos, en referencia al uso de lo digital (donde en un comienzo su aplicación se relaciona con la producción de información bidimensional y luego la generación de imágenes tanto estáticas como dinámicas), “la concepción generalizada en el ámbito de la arquitectura, es que las TIC’s tal como se utilizan, son un gran lápiz sofisticado que reemplaza labores y tareas que anteriormente se realizaban con técnicas manuales.” (p.167).

El pasaje de lo tradicional a lo digital, en la relación entre dibujo y arquitectura, ha planteado un cambio en la manera que se entiende y aborda la disciplina. Este aspecto ha sido la base de la presente tesis. Todo este conjunto de posibilidades ha implicado la aplicación de nuevas estrategias pedagógicas adecuadas a las herramientas digitales, pero también la necesidad de una revisión en la formación que se impone sobre los estudiantes de arquitectura en los diferentes centros educativos.

Con el objetivo de implementar y desarrollar una arquitectura digital acorde al momento histórico que estamos viviendo, es imprescindible ahondar, aún más, sobre los conocimientos propios de la tecnología digital y sus diversas potencialidades. En este sentido, resulta necesario construir un cuerpo de conocimientos que explore y profundice, principalmente en nuestra institución educativa, las diversas maneras de involucrar la arquitectura con la digitalidad. Para este fin, establece Arteta (2017, p. 02), “será necesario penetrar en la caja negra de la computación y la programación, a fin de conocer las verdaderas posibilidades de lo digital”.

Operar por fuera del mundo digital no implica un desfase únicamente en los aspectos formales del proyecto, sino en la manera de pensar la disciplina arquitectónica (Carpo, 2017). En este sentido, el propósito final de la presente tesis, más allá de los objetivos planteados y desarrollados en la investigación, busca contribuir a la reflexión académica sobre el estado del arte de los medios digitales. En este sentido, la finalidad se establece en poner en discusión una problemática que ha estado en boga de muchas instituciones, tanto a nivel regional como global, pero que en la FADU (UdelaR) ha presentado una evolución lenta, lo que ha llevado a que la institución no esté a la par de las tendencias extranjeras, dando como resultado una brecha digital que va a implicar algunos años en poder solventar.

Por ello, el primer paso necesario que debemos dar todos, como parte de la institución, es comenzar a hablar del tema.

8 Referencias bibliográficas

ABONDANO Franco, D. H. (2018). De la arquitectura moderna a la arquitectura digital: La influencia de la revolución industrial y la revolución informacional en la producción y la cultura arquitectónica. Tesis Doctoral, La Salle, Universidad Ramón Llull.

ACASO, M. (2006). El Lenguaje Visual. Ediciones Paidós, Barcelona.

ALBA Dorado, M. I. (2014). Manos que piensan. Reflexiones acerca del proceso creativo del proyecto de arquitectura. *Expresión Grafica Arquitectónica* no 22, 196-203.

ALFONSO, I. (1995). Técnicas de investigación bibliográfica. Caracas: Contexto Ediciones.

ANGUERA Argilaga, M. (2004). Posición de la metodología observacional en el debate entre las opciones metodológicas cualitativa y cuantitativa. ¿Enfrentamiento, complementariedad, integración? *Psicología en Revista*, Belo Horizonte, v.10, n.15, p.13-27, jun. 2004 Brasil.

AREA, M.; PESSOA, T. (2012). De lo sólido a lo líquido: Las nuevas alfabetizaciones ante los cambios culturales de la Web 2.0. *Comunicar*, XIX, 38, 13-20.

ARNHEIM, Rudolf. (2008). *Arte y Percepción Visual: Psicología del Ojo Creador*. Título original: *Art and Visual Perception. A Psychology of the Creative Eye* (1954). Traducción de María Luisa Balseiro. Madrid: Alianza Editorial.

ARTETA Grisaleña, J. (2017). El Paradigma de la Complejidad en el Diseño Arquitectónico y Urbano. Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá.

BAENA, G. (1985). *Instrumentos de Investigación*. Editores Mexicanos Unidos, S.A., México.

BAQUERO i Briz, M. (1983). *Los dibujos de los arquitectos*. Barcelona, ed. Cátedra de Dibujo I, Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

BARBER, G., LAFLUF, M. (2016). Interactive Projection Mapping: Proyecto Patrimonio ANGLO. Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGRADI 2016). Buenos Aires, Argentina. p (795 - 801).

BARBOUR, R. (2013). *Los grupos de discusión en investigación cualitativa*. Ediciones Morata.

BARCI Castriota, L., DE SOUZA Rezende, W. (2009). Fotografía digital e imágenes de múltiples perspectivas en el estudio de sitios históricos. Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGRADI 2009). San Pablo, Brasil.

BAUMAN, Z. (1999). *Modernidad líquida*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

BAUMAN, Z. (2008). *Los retos de la educación en la modernidad líquida*. Barcelona: Gedisa.

BERENGUER, X., (1997). *Arte en la era electrónica: perspectivas de una nueva estética*. L'Angelot-Goethe Institut, Barcelona. ACC 'Angelot/Goethe-Institut.

BERMÚDEZ, J. (1998). Producción Arquitectónica Híbrida: Entre el Medio Digital y el Análogo.; en D. Barros et al (eds.): 2do. Seminario Iberoamericano de Gráfica Digital. Mar del Plata, Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata (pp.56-65).

BERNABEU, A. (2007). El diverso Origen de nuevas formas estructurales y arquitectónicas: la aparición de nuevos materiales en los siglos XIX y XX frente al desarrollo tecnológico actual. Quinto congreso nacional de Historia de la Construcción, Burgos. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

BERTIN, J. (1967). *Sémiologie graphique*, París-La Haya, ed. Mouton. París, ed. Gauthier-Villars, 1973.

BERTUZZI, J.P., CHIARELLA, M. (2018). *Gamification of Educational Environments through Virtual Reality Platforms*. 22th Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGRADI 2018). IAU USP, São Carlos, Brasil.

BOARDBENT, G. (1976). Diseño Arquitectónico. Título de la obra original: Design in Architecture. Architecture and the Human Sciences. Versión castellana de Justo G. Beramendi y Tomàs Llorens. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

BONFIGLIO, A. (2019). TIC's en FADU. Informe sobre las estrategias de mejora y desarrollo de tecnologías de la información y comunicación (TICs) aplicadas en el contexto específico de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República Oriental del Uruguay.

BOTERO, J. (2018). Dibujo arquitectónico: un fin o un medio. En E. B. Arrieta Neira (Ed), La Representación del Proyecto, la Representación del Territorio (pp. 52-67). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de arquitectura.

BRUSCATO Portella, U. (2006). De lo digital en arquitectura. Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica I.

BUENO, E., DE LA BARRERA, C. (2008). Scripting como estrategia de diseño: una experiencia pedagógica. Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGRADI 2008). La Habana, Cuba.

CARAZO Lefort, E., & MARTÍNEZ Gutiérrez, S. (2013). La generación digital. Más notas para el debate sobre una cibernética de la arquitectura. EGA Expresión Gráfica Arquitectónica, 18(22), 50-59.

CARPO, M. [ed.] (2013). *The Digital Turn in Architecture 1992-2012*. Londres: John Wiley & Sons Ltd.

CARPO, M. (2017). *The second digital turn: design beyond intelligence*. MIT press.

CASSANY, D. y GILMAR Ayala, G. (2008). Nativos e inmigrantes digitales en la escuela. CEE Participación Educativa, (9) pp. 53-71.

CHETTY S. (1996). The case study method for research in small- and médium – sized firms. *International small business journal*, vol. 5, octubre – diciembre.

CHIARELLA, M., (2009). *Unfolding Architecture*. Laboratorio de Representación e Ideación (medios análogos - digitales). Tesis Doctoral ETSAB/UPC-BCN. España.

CHIARELLA, M., ZORZÓN, C., PAULÓN, M. (2010). Imagen fotográfica y representación. Utilización estratégica de la fotografía digital en las diferentes etapas del proyecto arquitectónico. XIV Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGRADI 2010), Bogotá, Colombia. p (112 - 115)

CHIARELLA, M.; GARCÍA Alvarado, R.; BRUSCATO, U.; (2009). Geometría y Arquitectura. De la Rigurosidad Modular al Informalismo. SIGraDi 2009 - Proceedings of the 13th Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, Sao Paulo, Brazil.

CHING, F. D. (2012). Dibujo y proyecto. Barcelona: Gustavo Gili.

CIFUENTES QUIN, C. A. (2014). Narrativas cibernéticas y arquitectura computacional. Tesis doctoral. Dirigida por Joaquín Regot Marimón y Pau de Solà-Morales Serra. Barcelona: Universidad Politècnica de Catalunya, Departamento de Expressió Gràfica Arquitectònica I.

CORONA Martínez, A., (1989). Ensayo sobre el Proyecto. Buenos Aires: Editorial CP 67.

DE MONTE, A. (2009). Intersticios en el aprendizaje de la arquitectura. La visualización de datos como instrumento en el proceso proyectual. Tesis de Maestría en diseño de Procesos innovativos, Universidad Católica de Córdoba, Argentina.

DENZIN, N. K., y LINCOLN, Y. S. (2005). The Sage Handbook of Qualitative Research. London, Inglaterra: Sage.

DÍAZ Fernández, M. (2018). Análisis del diseño estético desde un enfoque generativo. Aplicación al diseño conceptual de una cafetera. Trabajo fin de grado. Universidad Politècnica de Valencia.

DÍAZ, E. (2010). Entre la tecnociencia y el deseo. La construcción de una epistemología ampliada. 2ª edición. Buenos Aires: Biblos. Colección Filosofía.

EMMER, M., GUERRERO Yeste, A., (2002). Arquitectura e imagen en movimiento: Conferencia pronunciada en la Facultad de Historia del Arte e Historia Social de la Universitat de Lleida, España.

ERAZO, E. D. & SÁNCHEZ, P. (2013). Incidencia de medios de expresión digital en formación de arquitectos y arquitectas. Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud, 11 (2), pp. 769-781.

ETCHEGARAY Heidrich, F. (2015). Representación Digital en las Comunicaciones de Proyectos Arquitectónicos Académicos - Estudio de caso. Tesis Doctoral, Departamento Expresión Gráfica Arquitectónica I, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya.

ETCHEGARAY Heidrich, F., REDONDO Domínguez, E. (2014). Interacción y Movimiento en el Análisis Visual de Proyectos Arquitectónicos Académicos. Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGRADI 2014). Montevideo, Uruguay. p (162 - 165)

ETCHEGARAY Heidrich, F., REDONDO Domínguez, E. (2015). Inmersión e Interactividad sin fotorrealismo: Análisis de una posibilidad para modelos tridimensionales de proyectos arquitectónicos académicos. Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGRADI 2015). Florianópolis, Brasil. p (420 - 424)

FERNÁNDEZ Alba, A. (1990). La metrópoli vacía, (Palabra plástica). Aurora y crepúsculo de la arquitectura en la ciudad moderna. Madrid, ed. Anthropos.

FERNÁNDEZ Álvarez, A. J. (2014). Cabalgando la nube. Información y representación arquitectónica en la era post-digital. EGE Revista de Expresión Gráfica en la Edificación, [S.l.], n. 8, p. 95-105.

FERNÁNDEZ Álvarez, A. J. (2015). La arquitectura como interfaz. El paradigma informacional en la nueva arquitectura. (Tesis Doctoral). Universidad da Coruña. España.

FIORE, E. & LEYMONIÉ, J. (2007). Didáctica Práctica para le Enseñanza Media y Superior. Magró: Montevideo.

FLYVBJERG, B. (2006) Five Misunderstandings about Case Study Research, Qualitative Inquiry, vol.12:2. California: Sage.

GÁMIZ Gordo, A (2003). Ideas sobre análisis, dibujo y arquitectura. Sevilla: Universidad de Sevilla, España.

GARCÍA Moreno, G., (2018). Dibujo arquitectónico: un fin o un medio. En E. B. Arrieta Neira (Ed), La Representación del Proyecto, la Representación del Territorio (pp. 26-34). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de arquitectura.

GARCÍA, L. P. & MORCILLO, J. G. (2007). Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 6 (3), pp. 562-576.

GENTIL Baldrich, J.M. (1986). Papel de la Geometría Descriptiva en la Enseñanza de la Arquitectura. En I Congreso de Expresión Gráfica Arquitectónica Sevilla 3, 4 y 5 de abril de 1986 (75-79), Sevilla: Junta de Andalucía.

GIL Pascual, J.A. (2008). Bases metodológicas de la investigación educativa: análisis de datos. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

GISBERT, M. (2002). El nuevo rol del profesor en entornos tecnológicos. En Acción Pedagógica, Vol. 11, 1, 48-59.

GOLDENBERG, Mirian. (2007). A Arte de Pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais. 10a. ed. Rio de Janeiro: Record.

GREG L. (1997). An advanced form of movement. John Wiley & Sons. New York

GUEVARA Álvarez, O. E. (2013). Análisis del proceso de enseñanza aprendizaje de la Disciplina Proyecto Arquitectónico, en la carrera de Arquitectura, en el contexto del aula. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias de la Educación Departamento de Pedagogía Aplicada, Universidad autónoma de Barcelona.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., & BAPTISTA, P. (2010). Metodología de la Investigación. México D.F.: Mcgraw-HILL / Interamericana Editores, S.A. de C.V.

HERRERA Polo, P. (2008). Solución de problemas relacionados al diseño de superficies complejas: Experiencia de programación en la educación del arquitecto. Revista del Centro de Investigación. Universidad La Salle, vol. 8(sup), núm. 29, pp. 55-60.

- JABI, W. (2013). *Parametric design for architecture*. London: Laurence King.
- JAÉN I Urban, G. (1992). *Proyecto docente y de investigación* (Doctoral dissertation, Universidad de Alicante).
- JENCKS, C., (2002). *The New Paradigm in Architecture*. Yale University Press, New Haven.
- JOHNSON, P., & FLOUD, R. (2004). *The Cambridge economic history of modern Britain: volume III: structural change and growth 1939-2000* (Vol. 3). Cambridge University Press.
- JONES, J. C. (1992). *Design Methods*. London: John Wiley & Sons.
- KALAY, Y. (2004). *Architecture's New Media: Principles, Theories, and Methods of Computer-Aided Design*. Cambridge (Massachusetts); London: MIT Press.
- KAZEZ, R. (2009). Los estudios de casos y el problema de la selección de la muestra: aportes del sistema de matrices de datos. *Subjetividad y procesos cognitivos*, 13(1), 71-89.
- KOLAREVIC, B. [ed.] (2003). *Architecture in the Digital Age. Design and Manufacturing*. Nueva York: Spoon Press/Taylor & Francis.
- LACASTA Codorniu, M., (2010). *Geometría y Complejidad: La irrupción de un paradigma entre 1960 y 1973*. Programa de Doctorado en Arquitectura. Universidad de Catalunya.
- LAPUERTA, J. (1997). *El croquis, proyecto y arquitectura*. Madrid: Celeste Ediciones.
- LAWSON, B. (1980). *How Designers Think. The Design Process Demytified* (Third ed.). Oxford: Architectural Press.
- LEITÃO de Souza, T., (2014). *Panoramapp! Un recorrido virtual por panoramas de Rio de Janeiro*. Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGRADI 2010). Montevideo, Uruguay. p (153 - 157)
- LÉVY, Pierre. (1996). *¿O que é o virtual?* Título original: *¿Qu'est-ce que Le virtuel?* Tradução: Paulo Neves. São Paulo: Ed 34.
- LEYMONIÉ, J. (2015). *Nativos e inmigrantes digitales: ¿cómo aprendemos y enseñamos?* *Dixit*, (12), 10-19.
- LYON, E. (2007). *Tendencias de lo digital en la arquitectura*. *Revista de arquitectura número 16, Nuevas Técnicas, Viejas Prácticas*, pp. 23-29. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- MALDONADO, T. (1999). *Lo real y lo virtual*. Título original: *Reale e Virtuale*. (1992). 2a edición. Editorial Gedisa: Barcelona.
- MALTESE, C., ed. (1973). *Le tecniche artistiche*, Milán, ed. Ugo Mursia. Versión castellana de José Miguel Morán y María de los Santos García, *Las técnicas artísticas, «Manuales de arte»*, Madrid, ed. Cátedra, 1981, 479 pp.
- MARTÍNEZ LÓPEZ, J. S. (2004). *Estrategias metodológicas y técnicas para la investigación social*. México, DF, Universidad Mesoamericana.
- MASSAD, Fredy; GUERRERO Yeste, A. (2003). *Arquitectura en la época de la Revolución Digital*, en *Experimenta. Revista para la cultura del proyecto*, no 45, pp. 52-53. Madrid, España.

MENESES Bedoya, E., A. (2018). Implementación de tecnologías informáticas en los procesos de diseño. En E. B. Arrieta Neira (Ed), *La Representación del Proyecto, la Representación del Territorio* (pp. 131-135). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de arquitectura.

MERTENS, D. (2005). *Research and evaluation in Education and Psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods*. Thousand Oaks: Sage.

MIRET, S. (2018). Procesos proyectuales algorítmicos en estrategias de diseño no-lineales. En *Actas de Diseño N°25. XIII Encuentro Latinoamericano de Diseño "Diseño en Palermo", IX Congreso Latinoamericano de Enseñanza del Diseño Año XIII.* (pp. 167-171). Buenos Aires, Argentina.

MOE, K. & SMITH, R. E., (2012). *Building Systems. Design, Technology and Society*. Londres - New York: Routledge.

MONTES Serrano, C. (1989). Notas para una teoría del dibujo. En Francisco Iñiguez Almech. *Apuntes de Arquitectura*. Valladolid, Universidad de Valladolid.

MONTES Serrano, C., (1992). *Representación y Análisis Formal*. Valladolid: Universidad de Valladolid. Secretariado de Publicaciones.

MONTIEL, C., LOYOLA, M. (2016). Realidad Virtual como medio de representación de la experiencia especial: Su uso en el diseño participativo. *Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics*, 9 al 11 de noviembre. Buenos Aires, Argentina. p (590 - 594).

MORIN, E. (2001). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Barcelona: Paidós.

MORIN, E., (1994, Ed.2004). *Introducción al pensamiento complejo*. México, Editorial Gedisa.

MOUNIN, G. (1972). *Introducción a la semiología*, Anagrama, Barcelona.

MUÑIZ, M. (2010). *Estudios de caso en la investigación cualitativa*. División de estudios de posgrado universidad autónoma de nuevo León. Facultad de psicología. México, (pp.1-8).

NASELLI, C. (2001). Las nociones de proceso y método como instrumentos para el diseño. *Actas de las Primeras Jornadas del Centro del País. Revista mW No 4*. Córdoba: FADU, UNC.

NAVARRO, I., FONSECA, D. y PUIG, J. (2011). *Aplicación docente de Realidad Aumentada en cursos universitarios de representación de proyectos de Arquitectura*. XV Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGRADI 2011), Santa Fe, Argentina. p (74 - 77).

ORTEGA, L. (2013). *Digitalization takes command. El impacto de las revoluciones de las tecnologías de la información y la comunicación en arquitectura*. Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona.

ORTEGA, L. [ed.] (2009). *La digitalización toma el mando*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

OTXOTORENA, J. M., (2007). Dibujo y proyecto en el panorama de la arquitectura contemporánea. Impacto e influjo de los nuevos procedimientos gráficos". EGA, Revista de expresión Gráfica Arquitectónica, N° 12, pp. 60-73.

OXMAN, R. (2006). Theory and design in the first digital age. In *The International Journal of Design Studies*, 27(3), 229-265.

PAYSSÉ Álvarez, M. (2014). Relevamiento con drones; el caso Real de San Carlos. Drone mapping; case study: Real de San Carlos. Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGRADI 2014). Montevideo, Uruguay. p (649 - 652)

PAYSSÉ, M. (2015), La era digital: El proceso fundacional. En Florencia Lista (Coord). *Cien Años: Facultad de Arquitectura*. Montevideo: Facultad de Arquitectura.

PÉREZ Romero, M. (2013). El probable futuro del pasado emergente. La transición de la primera a la segunda edad del tiempo. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

PÉREZ Romero, M., (2013). El probable futuro del pasado emergente. La transición de la primera a la segunda edad del tiempo. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

PÉREZ Tornero, J.M. (2000). Comunicación y educación en la sociedad de la información. Paidós: Barcelona.

PETIT, C., BUSTILLO, G., MÉNDEZ, M. y otros (2015). "La Facultad de Arquitectura en Montevideo - Uruguay". Revista de la Facultad de Arquitectura n.13 [en línea]. (pp. 24-37).

PICON, A., (2010). Digital Culture in Architecture. An Introduction for the Design Professions. Basel: Birkhauser GMBH.

PORTELA i Valls, S. (2015). El dibujo como forma de ideación y comunicación del proyecto de arquitectura. Trabajo final de grado, Universitat politècnica de Valencia. Escuela superior de arquitectura. España.

PRENSKY, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. In *On the Horizon*. NCB University Press.

PRIGOGINE, I. (1996). El tiempo y el devenir. Coloquio de Cerisy. Gedisa, Barcelona.

RAMÍREZ, J. A. (1990). El dibujo de arquitectura: del plano a la inteligencia angélica, prólogo a Sainz 1990a, pp. 11-13.

REY REY, J., (2013). La barrera del análisis estructural en el desarrollo de los proyectos arquitectónicos. El caso de la Ópera de Sídney. Tesis doctoral dirigida por Ricardo Aroca Hernández-Ros. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM.

RODRÍGUEZ Gómez, G.; GIL Flores, J, & GARCÍA Jiménez, E. (1996). Tradición y enfoques en la investigación cualitativa. Capítulo I. En el libro Metodología de la investigación cualitativa. Ediciones Aljibe. p 34.

RODRÍGUEZ Izquierdo, R.M. (2010). El impacto de las TIC en la educación superior: repensar los modelos de enseñanza y aprendizaje. TESI, 11 (3): 32 - 68. Pp. 40.

RUFFO Calderon E. & HIRSCHBERG U (2011). Towards Morphogenetic Computational Algorithms for Nonstandard Geometries. Proceedings CAAD Futures, Lieja Bélgica.

RUIZ, A.; URDIALES, C.; FERNÁNDEZ-RUIZ, J. A.; SANDOVAL, F. (2004). Ideación arquitectónica asistida mediante realidad aumentada. Innovación en Telecomunicaciones, V.1.

SAINZ, J. (1985). Relaciones entre categorías gráficas y categorías arquitectónicas en el ámbito de la cultura moderna. Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid.

SAINZ, J. (1990). El dibujo de arquitectura. Teoría e historia de un lenguaje gráfico. Nerea. Madrid.

SAINZ, J.; VALDERRAMA, F. (1992). Infografía y Arquitectura, Nerea, Madrid.

SALDARRIAGA Roa, A. (1996). Aprender Arquitectura. Manual de Supervivencia. Premio Corona, Santafé de Bogotá.

SALÍNGAROS, N. (2000). Antiarquitectura y deconstrucción. Editorial Nobuko.

SAN JOSÉ ALONSO, J. I. (1997). Apuntes sobre el desarrollo de dibujo arquitectónico. Valladolid: Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico, Universidad de Valladolid: Colegio Oficial de Arquitectos de Valladolid.

SANDERS, Ken. (1996). El Arquitecto Digital. Título original: The Digital Architect. Versión castellana de Fernando Valderrama. Navarra: Ediciones Universidad de Navarra.

SIMON, H., (1962). The Architecture of Complexity. En Proceedings of the American Philosophical Society, Vol. 106, nº6.

SODDU, C. (2002). New naturality: a generative approach to art and design. Leonardo, 35(3), 291-294.

STAKE, R. (1994). Case Studies. en Denzin, Norman; Lincoln, Yvonna (editors). Handbook of Qualitative Research. Sage Publications: Thousand Oaks.

STAKE, Robert E. (2007). Investigación con estudio de casos. Título original: The Art of Case Research. (1995). Versión en castellano de Roc Filella. 4a Edición. Ediciones Morata, Madrid.

STEELE, J. (2001). Arquitectura y revolución digital. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

SZALAPAJ, P. (2001). CAD Principles for Architectural Design. Oxford: Architectural Press.

TAYLOR, S. J., & BOGDAN, R. (1987). Introducción a los métodos cualitativos de investigación (Vol. 1). Barcelona: Paidós.

URÍA, L., (2007). Expansión y crisis del dibujo. Reflexiones sin imágenes. EGA, Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica, Nº 12, pp. 50-59.

VAGNETTI, L. (1968). Disegno e Architettura. Génova, Vitali e Ghianda.

VALLÉE, L. L. (1819). Traité de Geometrie Descriptive, París, Vve. Courcier, IX.; en Gentil, J. M. (1988).

VARGAS Peña, R., (2018). Dibujo arquitectónico: un fin o un medio. En E. B. Arrieta Neira (Ed), *La Representación del Proyecto, la Representación del Territorio* (pp. 76-88). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de arquitectura.

VÁZQUEZ Recio, R., & ANGULO Rasco, J. (2003). *Introducción a los estudios de casos*. Málaga, Aljibe.

VELANDIA, Rayo D. A., (2009). TIC's y los procesos de enseñanza-aprendizaje en arquitectura. *Revista De Arquitectura* 05, pp. 166-175, Bogotá.

WOODBURY, R. (2010). *Elements of Parametric Design*. Londres; Nueva York: Routledge.

YIN, R. K. (1984/1989). *Case Study Research: Design and Methods*, Applied social research Methods Series. Newbury Park CA, Sage.

YNZENGA, B. (2008). No hay planos. En: *Revista Mapeo* No: 2. Taller Danza, 2008. Montevideo, Uruguay.

