



FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
Y URBANISMO

UNIVERSIDAD DE CHILE

# CENTRO DE CAPACITACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN 4.0

PLANTEAMIENTO INTEGRAL DEL PROBLEMA DE TÍTULO

Semestre otoño 2022

Rafaela Justiniano Zamorano

Profesor guía:  
Francis Pfenniger

### *Agradecimientos*

Al profesor Francis Pfenniger, con quien tuve el agrado de coincidir una segunda vez, ahora presencial, agradecida por estar presente en esta etapa de su larga trayectoria como docente.

A mis amigas y amigos que han sido pilares fundamentales en esta etapa de mi formación; Josefa, Sofía, Camila, Almendra, Elizabeth, Jay, Marcos, Benjamín y Adrián, por mencionar algunos.

Por último pero no menos importante, a mi familia por acompañarme siempre, tanto en mis logros como frustraciones.

# ÍNDICE

---

## CAPÍTULO UNO: PRESENTACIÓN DEL TEMA

1.1 INTRODUCCIÓN .....	7
1.2 TEMA Y PROBLEMA.....	8
1.3 OBJETIVOS .....	10

## CAPÍTULO DOS: ANTECEDENTES

2.1. REVOLUCIONES INDUSTRIALES.....	13
2.2. CAPACITACIÓN Y EL OBRERO .....	16

## CAPÍTULO TRES: CONSTRUCCIÓN 4.0

3.1. PRODUCTIVIDAD DENTRO DEL ÁMBITO.....	30
3.2. AUTOMATIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN .....	32
3.2.1 ELEMENTOS PREFABRICADOS.....	34
3.2.2 FABRICACIÓN ADITIVA.....	38

## CAPÍTULO CUATRO: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO DE ARQUITECTURA

4.1 EMPLAZAMIENTO.....	44
4.2. REFERENTES.....	48
4.3. NORMATIVA Y VOLUMEN TEÓRICO.....	50
4.4. PARTIDO GENERAL.....	54

## BIBLIOGRAFÍA

# CAPÍTULO UNO: PRESENTACIÓN DEL TEMA

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Durante toda la historia, e incluso la prehistoria, la tecnología ha jugado un papel muy importante para la humanidad, debido a la necesidad que existía de adaptarse a las adversidades del entorno natural. Esto nos permitió evolucionar como especie; desde el fuego y la rueda hasta las invenciones que tenemos en la actualidad, como lo es la computación y sus posibilidades.

Una época clave para la evolución tecnológica de la arquitectura fue el transcurso de las revoluciones industriales, que permitieron avanzar como sociedad en muchos ámbitos, en el caso de la arquitectura con incorporar nuevas posibilidades constructivas para el crecimiento de población y la urbanización de las ciudades.

Dado el rápido avance en este período, se dice que actualmente nos encontramos en la cuarta revolución industrial (Schayan, 2014), la cual ha permitido la integración de sistemas tecnológicos entre distintas áreas del conocimiento.

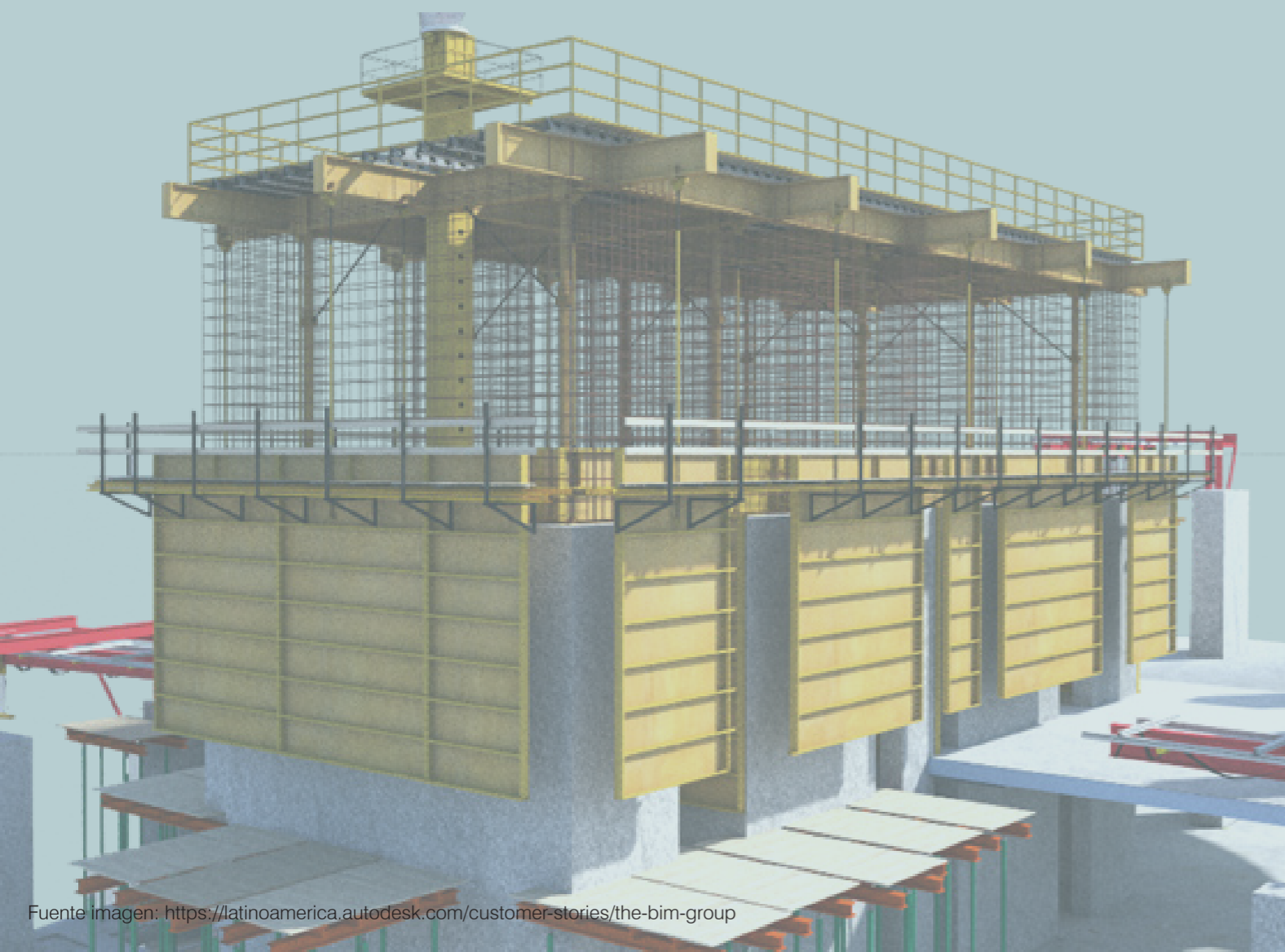
En algunos países en vías de desarrollo como Chile, la industria de la construcción todavía sigue las prácticas tradicionales de la industria con trabajo intensivo de mano de obra, alto consumo de energía, contaminación ambiental, riesgos de seguridad y baja productividad en la entrega de proyectos.

Sin embargo, esto puede estar cambiando con el advenimiento de la Industria 4.0. Con ella, se espera que aumente cada vez más la demanda de trabajadores altamente calificados. La transformación digital y la innovación requerirá y exigirá empleados con mayor preparación, conocimientos creativos y técnicos.

En la actualidad, las tecnologías innovadoras están siendo parcialmente adoptadas en campos específicos, y ha habido pocos estudios sobre su integración. Un tema a futuro es determinar cómo integrar las múltiples tecnologías inteligentes con el usuario, para mejorar las capacidades generales de la organización de la construcción y gestión en lugar de su aplicación fragmentada (You & Feng, 2020).

Esto implica el surgimiento de una necesidad de espacios especializados, que permitan brindar las herramientas de aprendizaje para que los trabajadores (en este caso, obreros de la construcción) adquieran los conocimientos claves para mantener el ritmo de la era digital y la transformación tecnológica.

Luego de contextualizar y definir conceptos para el entendimiento del problema, se establecerá en este documento una propuesta inicial para un Centro de Capacitación de Construcción 4.0.



## 1.2 TEMA Y PROBLEMA

La industria de la construcción actualmente es una de las menos productivas y desactualizadas, dada su falta de modernización y reticencia a introducir cambios por parte de las constructoras.

En consecuencia, esta situación ha provocado un estancamiento, debido en parte también al haber alcanzado el máximo potencial del sistema tradicional actual, que impide cumplir los requisitos marcados por las industrias (Letón, 2020).

A pesar de los beneficios sustanciales que se derivarían del aumento de la productividad del sector, y aún cuando los desafíos son bien conocidos y se han discutido durante mucho tiempo en la industria, el progreso ha sido limitado.

La industria opera de una manera que parece evolucionar muy lentamente, y hay un excesivo número de incentivos desalineados entre propietarios y contratistas con fallas de mercado, como la fragmentación y la baja transparencia (McKinseyGI, 2017).

Alejandra Tapia Soto, coordinadora técnica del programa Construye2025 de CORFO<sup>1</sup>, afirma:

“(…) es conocido que es uno de los sectores más estancados en productividad y en el uso de tecnologías, además de presentar importantes desafíos en cuanto a minimizar sus impactos en el medio ambiente (Fig.1).

La generación de residuos de la construcción, en parte, es producto de ineficiencias en los procesos productivos. La disposición inadecuada de ellos es tanto un gasto como pérdida de recursos; para el sector privado y para el público. Su gestión actual tiene y ha tenido grandes impactos en el espacio físico, urbano y natural, deteriorando tanto el entorno social como el ambiental” (Tapia, 2018).

Esto pone en evidencia el déficit que existe en esta materia, sumado a la carencia de un espacio dedicado específicamente a la capacitación del futuro. Se vuelve necesario enseñar nuevos métodos que ayuden a cumplir los desafíos ambientales y de productividad, tanto en el mundo como en Chile.

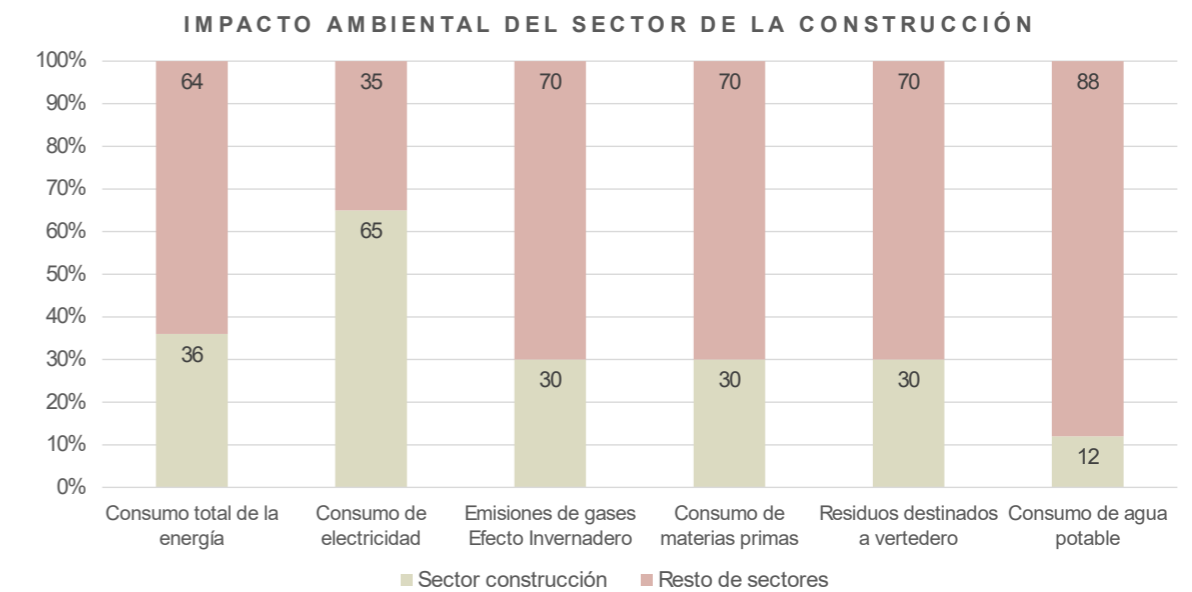


Figura 1. Gráfico de barras. Impacto ambiental según porcentaje de emisiones, residuos y consumo de recursos de la construcción comparado con el resto de sectores en el mundo. Fuente: Elaboración propia a partir de información extraída de PROGRAMASCYPE Ingenieros, S.A.

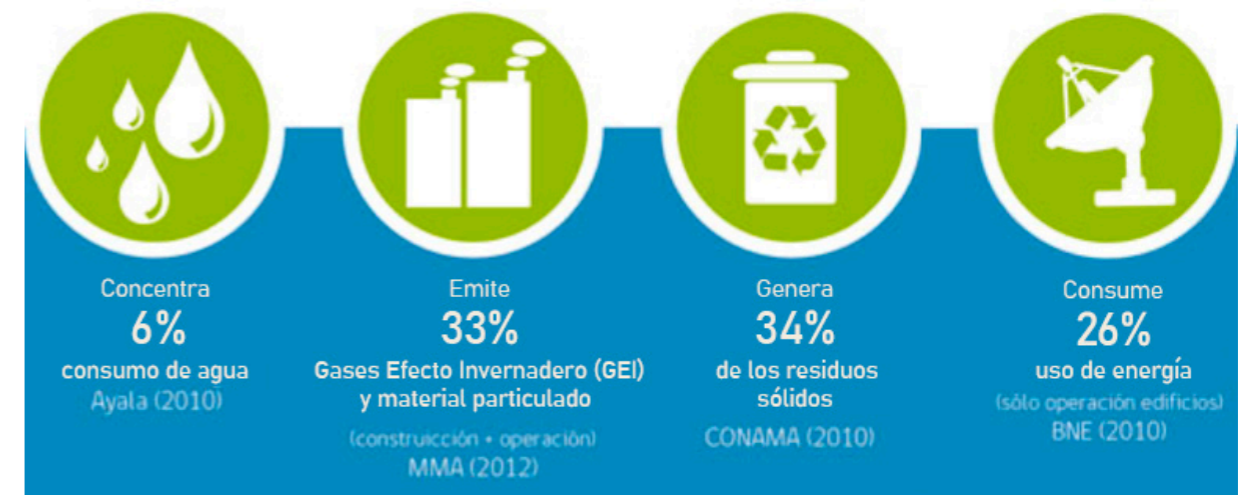


Figura 2. Impactos del rubro de la construcción en Chile. Fuente: página web oficial de construcción sustentable en Chile, Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU, csustentable.minvu.gob.cl (2021)

## 1.3 OBJETIVOS

---

Según un estudio publicado por la consultora Matrix “Impulsar la productividad de la industria de la Construcción en Chile a estándares mundiales”, las industrias que están más familiarizadas con la digitalización y con un mayor grado de industrialización son más productivas. Por lo tanto, la transformación digital y la construcción fuera del sitio parecen ser el camino a seguir (CORFO, 2021).

La industria de la construcción genera en nuestro país un alto impacto en la economía. Según datos entregados por el Banco Central, desde 2003 hasta el último semestre del año pasado la construcción (incluyendo edificación habitacional y no habitacional, obras de ingeniería, reparaciones y demoliciones), promedia un aporte al Producto Interno Bruto (PIB) de 6,7 por ciento.

Estas estadísticas se cuentan sin considerar el impacto de la crisis sobre el mercado laboral. Ha dado empleo a más de 600.000 personas, es un motor del desarrollo y una fuente importante de trabajo, que además funciona como partida de trabajos en otros ámbitos productivos.

Ante el escenario nacional, se hace evidente la inaccesibilidad por falta de un nexo entre plantas de construcción industrializadas y el obrero, por lo que el emplazamiento y el programa de la propuesta arquitectónica debe responder a ello.

El objetivo principal de esta memoria de título es asentar los cimientos para desarrollar una propuesta de edificio dedicada a la capacitación de obreros, sobre nuevas tecnologías para el futuro de la construcción.

Con la finalidad de difundir e incentivar el uso de nuevas tecnologías, y que permita realizar un aporte al sector de la construcción y arquitectura en varios aspectos, evitando pérdidas de tiempo, material, y por consecuencia prevenir mermas económicas y la reducción de efectos negativos al medio ambiente.

### *Proceso metodológico:*

- Desarrollar el contexto histórico de la industria 4.0 y la capacitación, para entender sus orígenes, de qué manera ha evolucionado y qué se espera a futuro.
- Levantamiento de información sobre iniciativas y nuevas tecnologías de construcción disponibles en Chile que necesiten capacitación y caracterizar al usuario, para determinar el programa y funciones del objeto de diseño.
- Revisión bibliográfica sobre centros de capacitación e innovación, para ver que rescatar de lo actual y que proponer nuevas formas de enseñanza para la construcción del futuro.

## CAPÍTULO DOS: ANTECEDENTES

Para conocer cómo han evolucionado las técnicas constructivas y su evolución junto con la capacitación, es relevante hacer una revisión bibliográfica de los acontecimientos en la historia que han permitido que su desarrollo se haya hecho efectivo.



### 2.1. REVOLUCIONES INDUSTRIALES

Comenzando en Inglaterra a fines del siglo XVIII, la primera revolución industrial introdujo el uso del vapor y mecanización de los procesos en lugar de recursos humanos y animales para la producción en masa (IBM, 2019).

Previo a esto, la esperanza de vida no superaba los 30 años. La baja productividad del trabajo hacía que la producción y el consumo por habitante fuera pequeño, ya que las economías preindustriales no lograban aumentar su riqueza por encima de la población.

En esta revolución transcurrió un proceso de industrialización, en el que las sociedades pasaron a una economía desarrollo de la industria en todo ámbito, debido al crecimiento exponencial de la población y su eventual migración del campo a las ciudades. La producción artesanal cedió el paso a la producción industrial de materiales y de bienes de consumo.

Al incrementar la productividad del trabajo, la primera Revolución Industrial aumentó la producción y el consumo por habitante.

La introducción de ciertos materiales de construcción para casas de campo, como ladrillos y piedras en lugar de madera y paja, redujo las epidemias. Además del pavimento de las vías urbanas, la introducción de alcantarillados y tuberías de agua, en conjunto también

con los avances en la medicina, llevaron a mejorar el nivel de vida de toda la población.

Un siglo después, la segunda revolución industrial introdujo las líneas de montaje y el uso de petróleo, combustible y electricidad. Estas nuevas fuentes de energía, junto con comunicaciones telefónicas y telegráficas más avanzadas, permitieron la producción en serie y un cierto grado de automatización en los procesos de fabricación (IBM, 2019).

En la segunda mitad del siglo XIX se experimentaron cambios de gran magnitud en la arquitectura. Esta etapa trajo consigo nuevos materiales de construcción, como hierro, acero laminado, hormigón armado y vidrio.

El hierro, siendo más resistente, sustituyó a la madera en gran parte de las nuevas construcciones, también permitiendo nuevas tipologías arquitectónicas combinado con los demás nuevos materiales. El perfeccionamiento de su industrialización hizo posible el progreso en cantidad y calidad.

La Biblioteca Sainte-Geneviève de París (1843-1850) fue el primer edificio público en utilizar una estructura metálica desde los cimientos hasta el techo (Fig. 3). Su cúpula de cristal está sostenida por arcos de hierro que descansan sobre pilares del mismo material, lo que ayuda a abrir grandes ventanas laterales a la luz natural. Mientras que el interior deja ver su estructura metálica, su exterior lo oculta (GENOVEFA, 2022).

En Chile, la explotación de salitre en Atacama por 1870 y de cobre en Sewell y Chuquicamata (1906 y 1915 respectivamente) supuso la aplicación de un conjunto de intervenciones que representaron industrialización: empleo de máquinas, línea de producción, separación de operaciones, de procedimientos y de tareas (racionalmente establecidas y especialmente organizadas) como también la participación de numerosa mano de obra en todas las faenas (Aguirre M., 2008).

El desarrollo de la industria en nuestro país trajo consigo transformaciones en los centros urbanos y la necesidad de una infraestructura adecuada al nuevo sistema productivo. Impulsados por el crecimiento económico con las exportaciones de materias primas y el auge del salitre, los establecimientos fabriles se multiplicaron a lo largo del territorio, de la mano de un extenso programa estatal de obras públicas y educacionales (Biblioteca Nacional De Chile, 2022).

Hasta entonces, los galpones de muros de adobe y cal con entramados de madera típicos de las haciendas a fines del siglo XIX, habían dado paso a edificios con muros de albañilería y fachadas de estilo neoclásico como el Palacio Pereira, declarado monumento histórico en 1981 y restaurado recientemente (Fig. 4). Entrando al siglo XX, una serie de innovaciones técnicas propiciaron el surgimiento de una nueva estética que se caracterizó por suprimir los elementos ornamentales, en favor de una arquitectura moderna que privilegió aspectos funcionales.

Entre dichas innovaciones se incluyen la aparición del hormigón armado (1854) y la incorporación del acero y el vidrio pavé (1930), nuevos materiales que ampliaron de manera decisiva los horizontes del diseño constructivo

La tercera revolución industrial, que comenzó a mediados del siglo XX, agregó computadoras, telecomunicaciones avanzadas y análisis de datos al proceso de producción (IBM, 2019). Se caracterizó por la automatización y sincronización de las cadenas productivas a través de la electrónica y la informática. Desde la introducción de estas tecnologías, se comenzaron a automatizar procesos de producción completos, sin necesidad de asistencia humana.



Figura 3. Interior y exterior de la Biblioteca Sainte-Geneviève de París. Fuente: [www.fadu.edu.uy](http://www.fadu.edu.uy)



Figura 4. Palacio Pereira, ubicado en Huérfanos 1515 Fuente: [www.monumentos.gob.cl](http://www.monumentos.gob.cl)

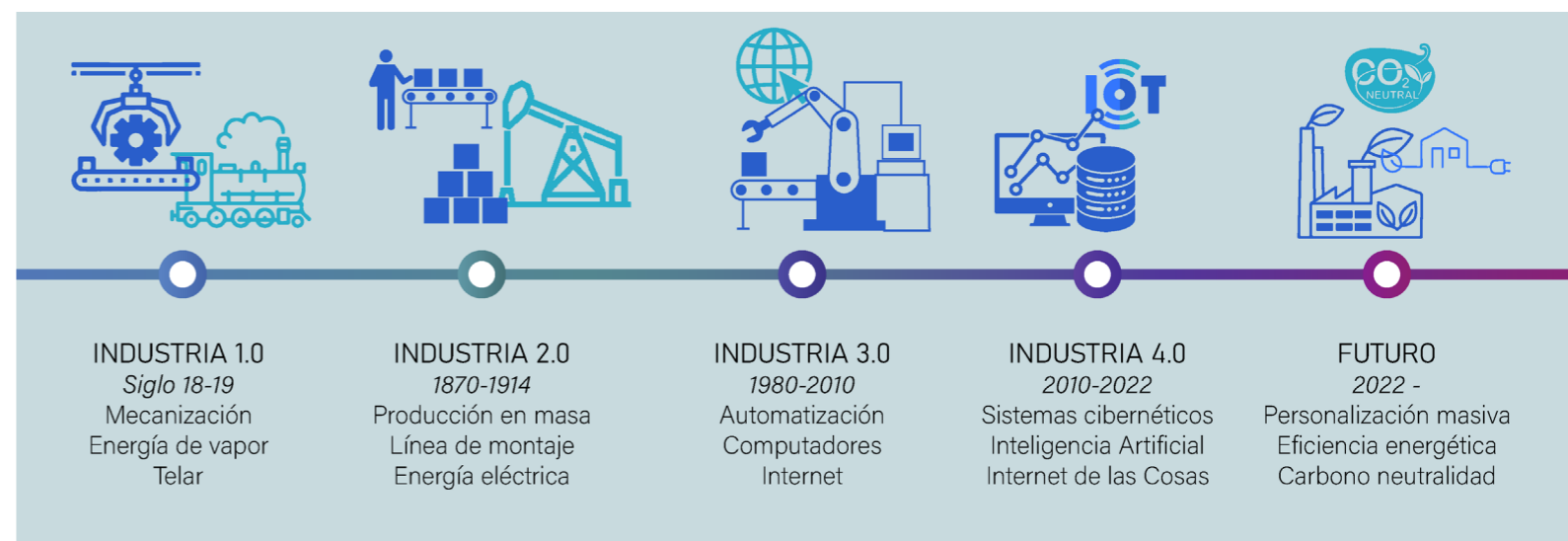


Figura 5. Línea de tiempo revoluciones industriales. Elaboración propia.



## 2.2. CAPACITACIÓN Y EL OBRERO

La capacitación tuvo una evolución exponencial durante todo el proceso de revoluciones industriales. Esta es, sin duda, una de las herramientas imprescindibles de organizaciones para conseguir que sus profesionales adquieran, a través del conocimiento, las competencias necesarias para afrontar el dinámico y volátil mundo empresarial, en pleno cambio tecnológico, económico y social.

En el siglo XVII hasta principios del Siglo XIX, las capacitaciones del personal fueron tomando importancia, y se crean aulas para el desarrollo de diferentes tipos de enseñanzas que se ofrecían al personal o empresa que lo requería. Estas instancias se comienzan a dar principalmente en Inglaterra, en donde se ven en la necesidad de obtener espacios equipados y adecuados correctamente para poder desarrollar y profundizar en los sistemas de trabajo, la estructura de integración de la sociedad y la economía (Calderón, 2014).

Inicialmente, se trataba de academias con orientación obligatoria hacia la obtención de títulos, que buscaban conformar un sistema nacional de formación profesional con el fuerte apoyo de los ministerios de trabajo y formación de cada país. La oferta de capacitación se centraba, casi exclusivamente, en las manufacturas y en la construcción.

Como se mencionó anteriormente, es en esta época que se pasa de hacer trabajos netamente manuales a realizar trabajos con maquinarias. De esta manera, el Estado, las empresas y los contratistas se ven obligados a enseñar a sus trabajadores un correcto uso de las estas mismas.

En la década de 1960, debido al desarrollo de la ciencia y la tecnología, así como a los cambios en el sistema económico y social del mundo, se comienzan a introducir "sistemas de aprendizaje" en la capacitación relacionada con la industria.

Muchos países contaron con las denominadas "Instituciones de Formación Profesional de obreros y técnicos", con mayor especialización y diversificación de la gestión e interés desde la perspectiva educativa, aunque no siempre presentes en los sistemas educativos de los diferentes países (Infante & Breijo, 2017).

En el periodo post guerra, en conjunto con la invención de la computadora, se crean centros a distancia para la capacitación, los cuales, ahora además de tener un enfoque relacionado con la maquinaria, se le suma recursos humanos, es decir, para un mejor trato tanto hacia el personal como a los clientes.

Los inicios de la capacitación en Chile se remontan a los programas públicos de capacitación a trabajadores, que se iniciaron aproximadamente en la década del 50 con la Universidad de Santiago, seguida del Servicio de Cooperación Técnica, SERCOTEC, a principios de la década del 60 y luego, en el año 1966 con la creación del Instituto Nacional de Capacitación Profesional, INACAP (Posada, 2013).

De acuerdo a la Ley 18.834 (art. 21, párrafo 3), la Capacitación se define como el conjunto de actividades permanentes, organizadas y sistemáticas destinadas a que los funcionarios desarrollen, complementen, perfeccionen o actualicen los conocimientos y destrezas necesarios para el eficiente desempeño de sus cargos o aptitudes funcionarias (BCN, 2005).

En Chile, para la formación y capacitación de los maestros de la construcción, nace la ENOC en 1913, y en 1936 se aprueban nuevos planes que facultaban a la Escuela de Artes y Oficios para otorgar los grados de oficio, técnico e ingeniero industrial. Con la creación de la CORFO en 1936 y el mayor esfuerzo industrializador por parte del sector público, se dieron las condiciones para que la institución tuviese un mejoramiento cuantitativo y cualitativo, pasando a ser parte de una planificación amplia del desarrollo del país.



A pesar de los constantes esfuerzos de las distintas instituciones implicadas, el 64,4% de los obreros de la construcción no ha recibido ningún tipo de capacitación dentro de la obra, según estudios de la CChC sobre las tareas que han realizado a lo largo de su vida. Esto implica que, de los cientos de edificios se construyen día a día, la mayoría se ha llevado a cabo según conocimientos que transmite a través de las generaciones, técnicas que comparten entre compañeros de trabajo o trucos aprendidos en la práctica (Fuenzalida, 2010).

Es de conocimiento generalizado que la inestabilidad laboral es inherente al rubro, lo que se ve evidenciado en los resultados de la encuesta realizada por Aguirre y Andrade el año 2005 (Fig. 6), teniendo en cuenta que la obra dura un periodo de tiempo determinado y esto produce que el trabajador de la construcción no tenga seguridad laboral. Permanecer en una empresa genera oportunidades de reforzar los conocimientos, seguir aprendiendo para luego poder aplicarlo efectivamente, pero esta condición no es habitual para un obrero.

La situación que se ha dado en los últimos tiempos es que los trabajadores son contratados por trato y, dependiendo de las solicitudes de la obra, la necesidad de personal varía en número por cada una. Debido al carácter variable de la demanda de obreros, para las empresas no resulta rentable invertir en su capacitación.

Esto se reduce a un ciclo en el que los trabajadores entran a la obra, hacen la tarea para la que fueron contratados temporalmente y luego rotan a otra sucesivamente, sin parar en una empresa para quedarse y aprender técnicas nuevas o capacitarse para quedarse en esa misma compañía o rotar a otra con mejores oportunidades.

A futuro, la capacitación laboral se proyecta teniendo en cuenta que estamos ad- portas de un cambio radical al funcionamiento del ámbito. Esto significa que se reemplazarán poco a poco las técnicas tradicionales que se han utilizado de hace más de cuatro décadas, por nuevos procesos en obra caracterizados principalmente por dos ejes: la primera en cuanto a nuevos alcances de la tecnología de la construcción, y la segunda sobre nuevas maneras de formar profesionales integrales.

Se debe tener en cuenta el perfil del obrero, el cual se puede observar en la figura 7 que en su mayoría no cuentan con estudios de educación superior; como también su horario de disponibilidad no laboral en el que pueda capacitarse, para una correcta implementación.

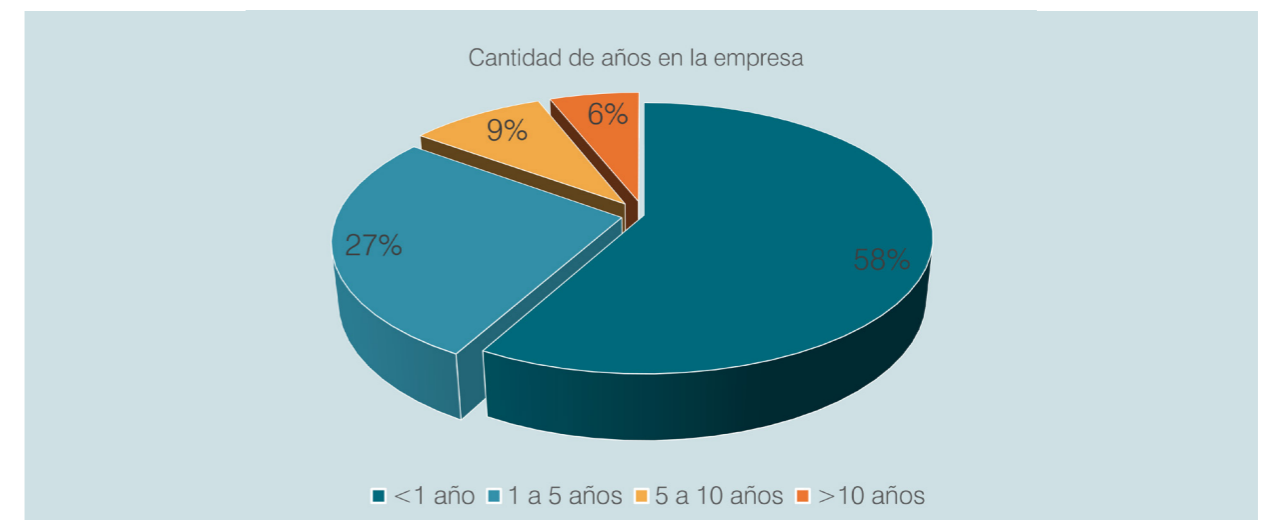


Figura 6. Elaboración propia a partir de Aguirre & Andrade (2005)

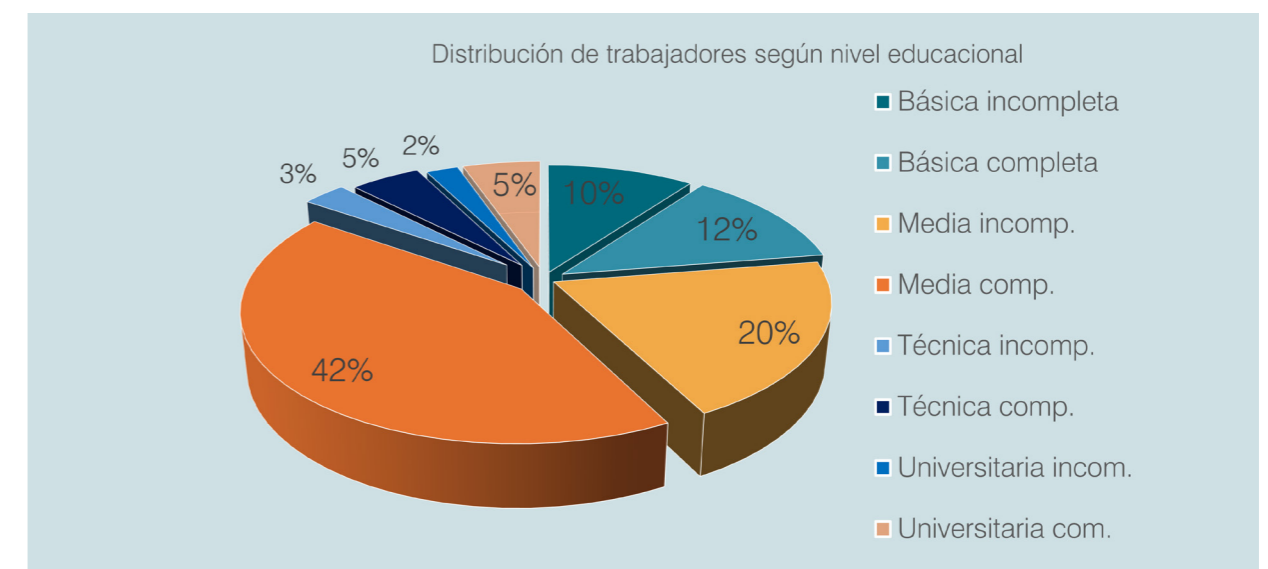


Figura 7. Distribución porcentual de trabajadores de la construcción en Chile según su nivel de escolaridad. Elaboración propia a partir de Caracterización de los Trabajadores de la Construcción (CChC, 2019)

También, se deben realizar esfuerzos desde diferentes ramas que constituyen el rubro, mayor cantidad de subcontratos especializados hacen avanzar más y mejor a una obra, y con ello aumentar la productividad. Para enfrentar la gran magnitud del cambio tecnológico de la construcción se hace necesaria la incorporación de mano de obra calificada.

La capacitación posee muchos beneficios, tanto para el personal que lo realiza, como para la empresa que brinda y lo necesita. En la actualidad forma una parte clave de cada empresa, pues este significado esta incrementando su valor a medida que se presentan nuevos avances, para que se pueda tener un adecuado desarrollo y crecimiento generalizado.

Para las personas a ser capacitadas, los beneficios se pueden ver reflejados en:

- Mejorar la calidad de su trabajo.
- Ampliar conocimientos.
- Refuerzo de conocimientos.
- Manejo adecuado de cada pieza que se utilice en el trabajo a realizarse.

- Nuevos conocimientos, mecanismos y métodos para desarrollar la labor.
- Conocimiento de nuevas tecnologías y medicos para desarrollar el trabajo.

Para las empresas que requieren capacitación para sus empleados, se puede ver ventajas como:

- Crecimiento económico de la empresa.
- Crecimiento en reconocimiento laboral y en el campo de trabajo.
- Estatus de la empresa.
- Mejora en el tiempo de desarrollo del trabajo, instalacion y/o fabricación.
- Eficiencia del personal.

Cuando se considera el ciclo de gestión de la capacitación como una oportunidad para el desarrollo de las personas y de la institución o empresa, es frecuente que se tenga presente las cinco etapas que se detallan en la figura 8. Es importante para una aplicación efectiva y obtener los beneficios mencionados anteriormente.



Figura 8. Ciclo de la capacitación. Fuente: Desarrollo Organizacional y Capacitación U.Chile.

En cuanto a la capacitación para las nuevas tecnologías, Mintrab se dispuso a capacitar a trabajadores de la construcción en tecnologías digitales.

Ministro del Trabajo, Nicolás Monckeberg, y presidente de la Cámara Chilena de la Construcción, Patricio Donoso, anuncian la creación del Consejo de Competencias Laborales para los trabajadores del sector.

Tras dar a conocer la creación del Consejo de Competencias Laborales para el rubro de la Construcción, el ministro del Trabajo y Previsión Social, Nicolás Monckeberg junto con ejecutivos de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) anunciaron la capacitación de trabajadores del sector en tecnologías digitales. Esto sería por medio de el curso de Construcción Digital a través de la Tecnología BIM, y que sería impartido por el Servicio Nacional de Capacitación y Empleo (SENCE). La noticia se dió a conocer en marzo de 2019, para ser enseñado en junio de ese mismo año, y no se encontraron actualizaciones al respecto.

“(…) tuvimos una muy buena noticia con el crecimiento de 4,7% que registró la inversión en 2018, lo que esperamos que sea un impulso también para la construcción, donde tenemos que ponernos acordes a los nuevos tiempos y fortalecer, mejorar y capacitar a nuestros trabajadores”, señaló Monckeberg, quien destacó la alianza público-privada para potenciar el capital humano en este rubro.

Además el ministro afirmó que la creación del Consejo permitirá mejorar la formación de los trabajadores en base a una oferta de capacitación más pertinente y coordinada con los Organismos Técnicos de Capacitación (OTEC), los centros de formación técnica e institutos profesionales, generando itinerarios de formación y de crecimiento profesional dentro del sector.

Según estimaciones basadas en datos OCDE, en Chile el 61% de los trabajadores se emplea en ocupaciones con potencial de automatización, según la intensidad de rutina en las tareas empleadas. Esto es levemente superior al promedio OCDE (58%). Y el sector construcción está enfrentando una ecuación complicada en pos de enfrentar esta nueva revolución industrial.

Este es un sector que emplea un alto volumen de trabajadores, alrededor de 715 mil, donde solo el 62% de las personas tiene escolaridad completa y una baja capacitación.

En ese sentido, el ministro explicó que el 65% de los trabajadores del sector cumplen labores automatizables. Es decir, unos 465 mil puestos de trabajo son susceptibles de ser afectados por la automatización de ciertos procesos y tareas. Por eso, añadió que es urgente tomar todas las medidas necesarias para tener un capital humano de acuerdo a los nuevos tiempos.

Lo primero que realizará el Consejo serán estudios acabados respecto al tema, tanto a nivel nacional como regional sobre los subsectores y oficios que requerirán las empresas; luego habrá una evaluación sobre pertinencia, calidad e impacto en la oferta formativa, acompañando el desarrollo de las capacidades y distinguiendo aquellas que actúan de acuerdo los estándares de la industria; alinear la oferta formativa (CFT, IP, OTECs, entre otros) con la demanda; desarrollar modelos formativos y potenciar los conocimientos adquiridos vía experiencia o capacitación formales.





- Realidad Virtual (VR) Y Realidad Aumentada (AR): Estos modos de visualización inmersiva permiten entender de mejor forma los diseños, observar detalles de importancia y realizar comparaciones con los avances reales sin necesidad de encontrarse directamente en el sitio.
- Simulación o Modelación: Mediante modelos digitales no es solo posible visualizar el modelo y planos del proyecto en todo momento, sino que también es posible organizar acciones de coordinación entre distintos entes participantes del proyecto, al igual que simular posibles soluciones o cambios que se quieran añadir al proyecto.
- Manufactura Aditiva: A través de métodos automatizados de creación de elementos de construcción como impresión 3D de muros o columnas se hace posible acelerar aquellos procesos, disminuyendo la tasa de errores, accidentes y entregando una productividad fija y conocida a lo largo del tiempo.

Para profundizar en el funcionamiento de la construcción 4.0, se precisa definir la base en la que se sostiene la red que lo hace posible.

BIM o Modelado de Información para la Edificación, es el proceso de generación y gestión de datos de un edificio en construcción, utilizando variados softwares dinámicos de modelado de edificios en tres dimensiones y en tiempo real.

A través de esta metodología, se puede obtener la información completa del edificio: geometría, relaciones espaciales, información geográfica, así como las cantidades y las características de sus componentes.

Se destaca que no solo es un software, es una forma de trabajo integrada, formando parte del concepto Cloud Computing mencionado anteriormente (Figura 8). Se apoya en diferentes aplicaciones de diseño y modelado, de modo que la información que se obtiene de cada una de ellas está conectada entre sí, al igual que los usuarios, permitiendo su actualización al momento (Figura 9).

Según la Minuta Ejecutiva "BIM Estrategia Pública 2020", a partir del año 2020 se comenzó a exigir en Chile el uso de BIM para todos los proyectos desarrollados por las instituciones públicas adheridas a Planbim. Esta consiste en una iniciativa de integración de nuevas tecnologías y

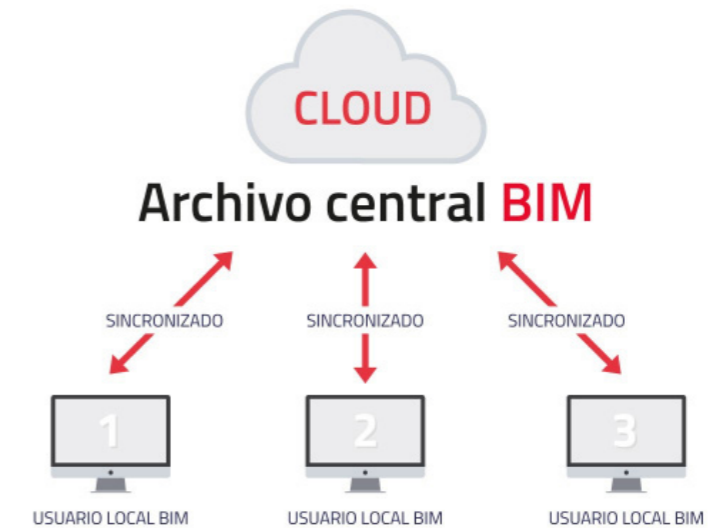


Figura 8. Esquema de utilización de nube virtual como sistema centralizado para que diferentes usuarios viertan información de diversas especialidades en un solo proyecto. Fuente: Bloquotech (2019)

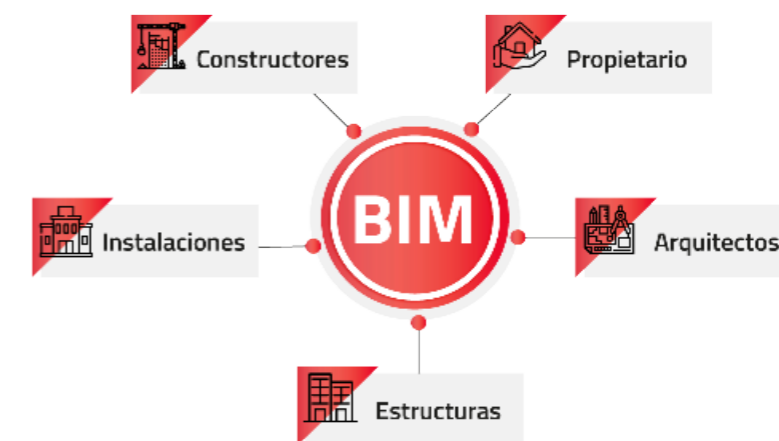


Figura 9. Esquema de como se centraliza la información de diferentes especialidades de un solo proyecto. Fuente: Bloquotech (2019)

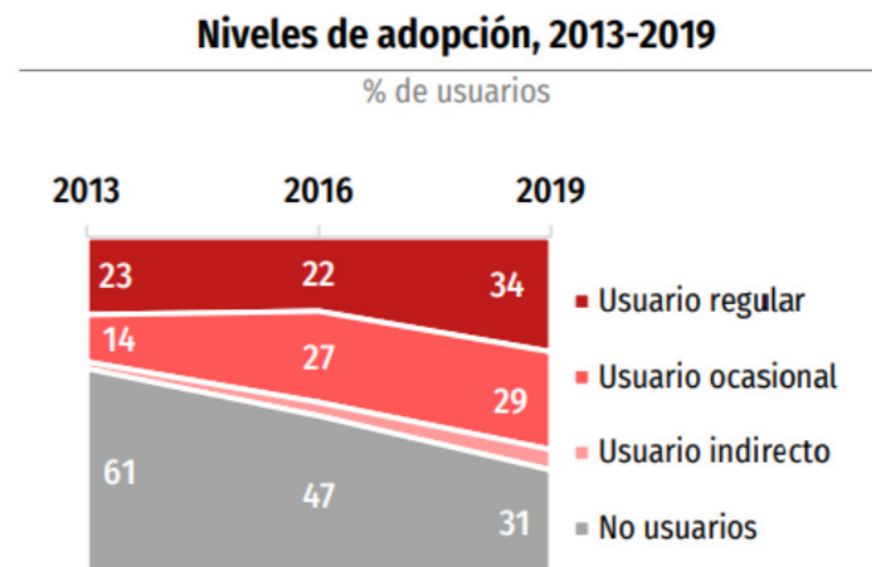


Figura 10. Evolución en el tiempo del porcentaje de adopción de BIM en Chile. Fuente: Encuesta nacional BIM 2019

métodos de trabajo que creó Corfo en 2016. Tiene el objetivo de que los proyectos de construcción públicos sean desarrollados usando la metodología BIM, y que los edificios públicos sean operados siguiendo la misma metodología. Para conseguir este objetivo, se elaboró un estándar para proyectos públicos, junto con desarrollar guías de uso de la metodología e impulsar la integración de contenidos relacionados a BIM a planes de estudio en diversos niveles educacionales. Para llegar a esa meta, se debía incorporar el requerimiento de uso de forma gradual en estas instituciones, tanto en planificación, diseño como construcción. Gracias a estos planes, la adopción de BIM ha ido en aumento en Chile (Fig. 10).

No obstante, debido a la pandemia este proceso fue retrasado, pero se ha reanudado su desarrollo. A medida que se está implementando, se requerirán una mayor cantidad de profesionales que estén capacitados para liderar, construir o fiscalizar proyectos elaborados mediante esta metodología (DGOP, 2018).

Una de las principales iniciativas para facilitar su implementación es Bim Forum Chile, a cargo del Centro de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción, en donde se busca fomentar y facilitar el uso de BIM tanto en empresas públicas como privadas. La organización tiene tres pilares fundamentales para lograrlo, que son educación en torno a BIM, búsqueda

de estandarización de prácticas y planificación de proyectos utilizando BIM (Leiva, 2022).

Lo que ofrece la industria 4.0 (Figura 11) a través de esta digitalización y el uso de plataformas conectadas es, en resumen (Ortega, 2020):

- Una capacidad de adaptación constante a la demanda
- Servir al cliente de una forma más personalizada y en menos tiempo.
- Aportar un servicio post venta uno a uno con el cliente
- Crear series de producción más cortas y rentables
- Aprovechar la información para su análisis desde múltiples canales y explotarla en tiempo real, generando un flujo de información constante.

Es por ello que un proceso industrializado permitirá una mejor gestión de proyectos de arquitectura, haciendolo más eficiente y productivo comparado con un proceso tradicional (Fig. 12).

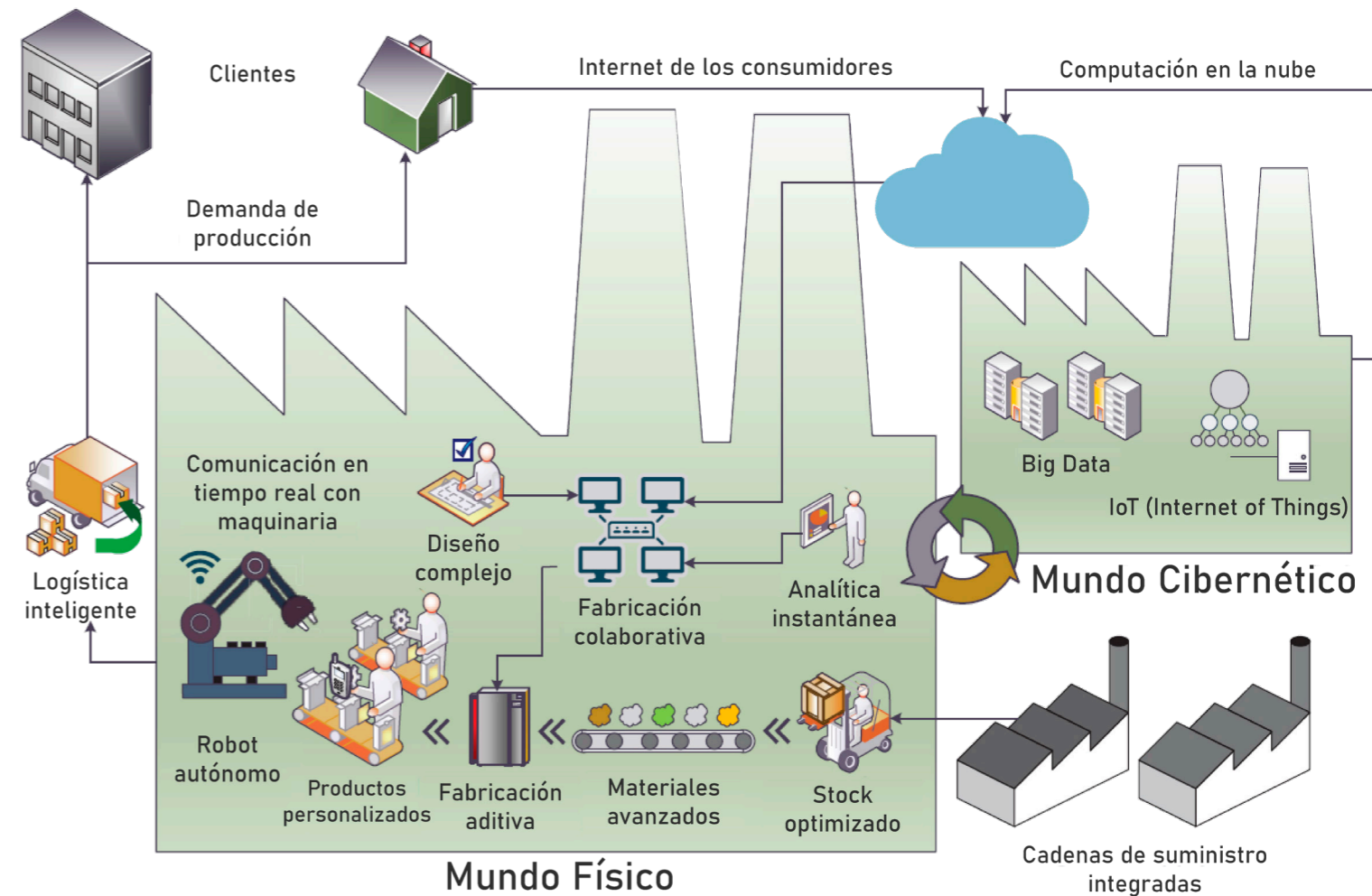


Figura 11. Esquema de fábricas inteligentes con propiedades generales requeridas en Industria 4.0. Fuente: Obtenido y traducido de "The role of additive manufacturing in the era of Industry 4.0" Ugur M. Dilberoglu.

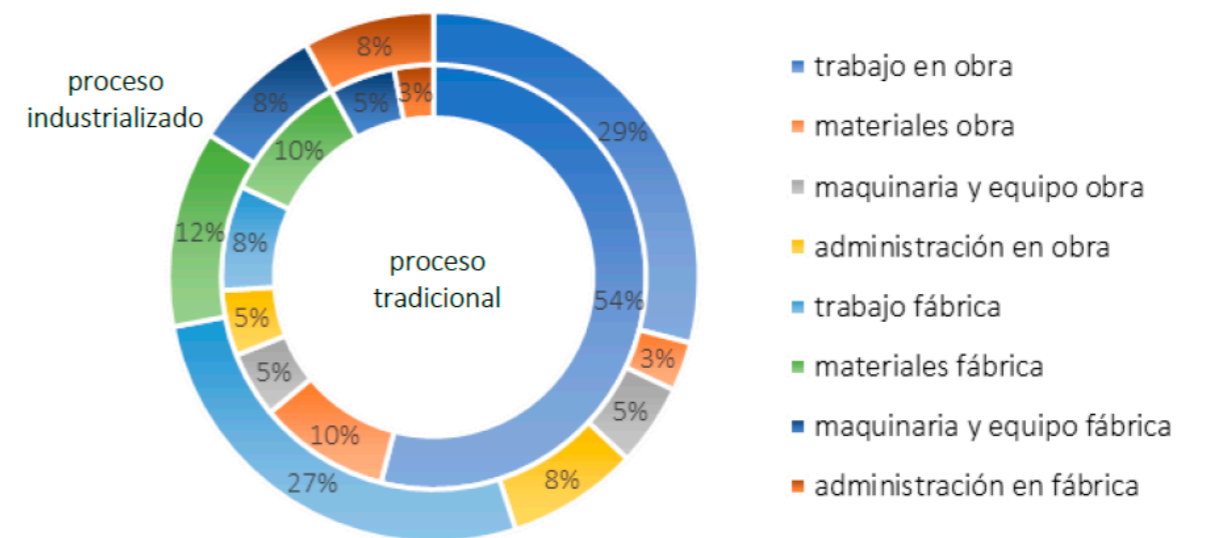


Figura 12. Porcentajes de gestión en la construcción proceso tradicional vs industrializado. Fuente: Elaboración propia en base a Benchmarking of use of construction resources in EU. Bernard Williams Associates (2006).

### 3.1. PRODUCTIVIDAD DENTRO DEL ÁMBITO

Para hablar de la construcción 4.0, es necesario precisar el principal objetivo al que apunta, que es ser más eficiente y productivos al construir. Pero, ¿qué es la productividad?

Se define como la relación medible entre el producto obtenido o la cantidad producida y los recursos utilizados para obtenerlo. Se expresa de diferentes maneras pero lo más común es en cantidad de trabajo y consecuentes ahorros económicos. Para una empresa, ser productivo implica aprovechar al máximo los insumos, los recursos técnicos, humanos y de capital de la mejor manera posible. Para el consumidor significa más y mejores productos a un menor precio y/o menor tiempo para obtenerlo; para el trabajador significa empleos de mayor calidad y con mejores salarios, y para el empresario mayor eficiencia y menores costos (CNP, 2020).

Según el gráfico (Figura 13), países como Alemania y Reino Unido han logrado aumentar la productividad contrarrestando los incrementos en los costos de construcción. Esto a diferencia de nuestro país, que ha incrementado el índice de costos manteniendo la productividad laboral de la construcción.

Las razones son diversas y algunos especialistas apuntan a los diseños de procesos desintegrados, puesto que el rubro es altamente fragmentado, presenta baja incorporación de prefabricados, baja

estandarización de procesos y un escaso nivel de innovación y digitalización (Portal Innova, 2019).

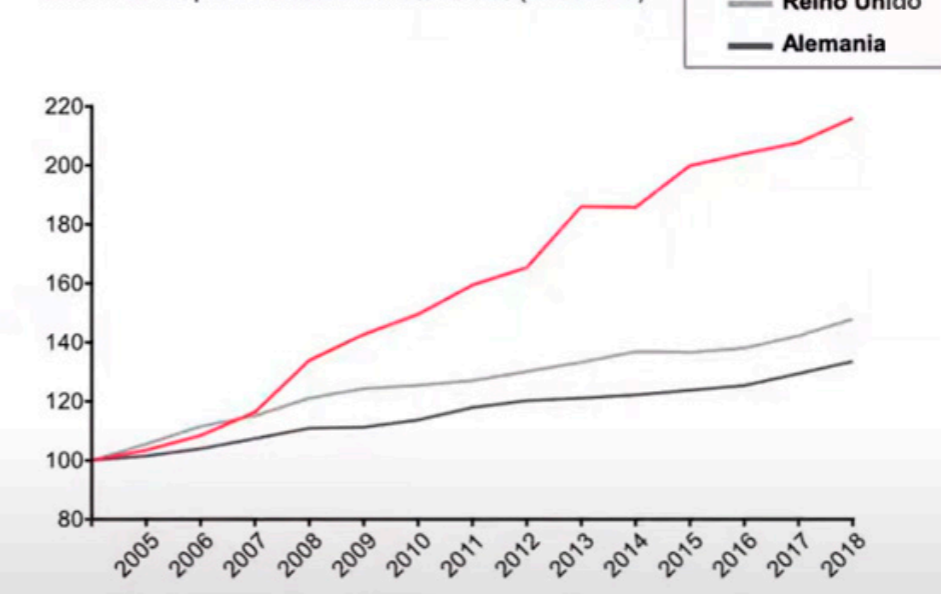
Pero fuera de las condiciones propias del país, existen dinámicas estructurales en la industria que dificultan generar y capturar ganancias en productividad: La fragmentación de la cadena de valor, el modelo de negocio por proyectos independientes y hechos a la medida, y sus largos ciclos de desarrollo. Estas dinámicas pueden bloquear las ganancias en eficiencia de largo plazo al desalinear incentivos para que esfuerzos, riesgos y potenciales beneficios sean compartidos a través de la cadena de valor (Matrix Consulting, 2020).

La industrialización del sector y sus procesos productivos, la masificación de tecnología digital, la consolidación de la innovación para la competitividad, el fortalecimiento del capital humano y la optimización de los procesos de licitación pública, parecen encabezar como las principales vías a revertir esta larga situación de estancamiento (Brito, 2020).

#### Costo y productividad de construcción

##### Índice de costo de construcción<sup>1</sup>

Aumento respecto a valor de línea base (año 2004)



##### Productividad laboral de construcción

Valor agregado en la industria por trabajador (base 100 año 2004)

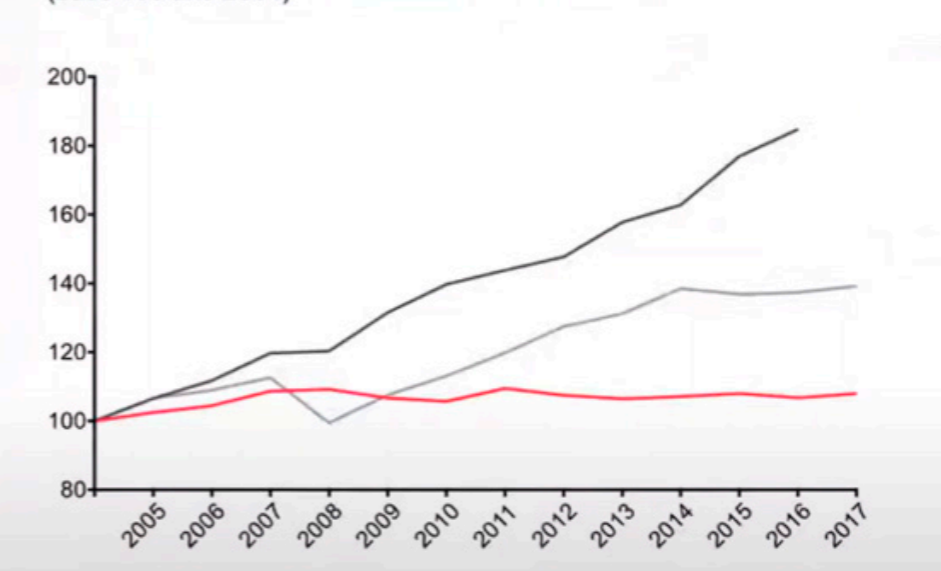


Figura 13. Costo y productividad de construcción en la última década. Fuente: Encuentro técnico CCI Industrialización en uniones y estructuras 2020.



## 3.2. AUTOMATIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

En el contexto de la posguerra, bajo la influencia del Plan Marshall y la recuperación económica, se impulsó el crecimiento de la industria de la construcción a través de políticas de desarrollo y vivienda. Estas políticas derivaron a un aumento significativo de la tecnología de automatización en los edificios (Delaqua, 2021).

Uno de los principales símbolos de esta etapa es el Edificio Seagram, diseñado por Mies van der Rohe y Philip Johnson, construido en 1958 (Fig. 14).

Junto a las computadoras, apareció en Estados Unidos el concepto de “edificios inteligentes”, que abarcaba todos los edificios con cualquier tipo de mecanismo automático de supervisión y control. Esta categoría transformó las ventas, ya que la tecnología pasó a tener un papel clave, conectando edificios con ideas futuras a través del uso de este tipo de sistemas.

Con los avances tecnológicos, el concepto de Edificio Inteligente comenzó a incorporar preocupaciones sobre el proceso de diseño, las técnicas, los elementos constructivos y la gestión medioambiental. Los softwares BIM comenzaron a volverse más sofisticados, haciendo que la obra sea más inteligente y permita un trabajo más económico desde su concepción (Delaqua, 2021).

A partir de 1995, por otro lado, la popularización de internet y el desarrollo de dispositivos con softwares basados en la nube hicieron posible el funcionamiento de ordenadores conectados a la red. De este modo, los problemas tales como el desperdicio de materiales y energía pudieron empezar a ser mitigados a través de un funcionamiento más eficiente de los sistemas constructivos y automatizados en la arquitectura (Delaqua, 2021).

Así, con el encuentro entre la inteligencia artificial, la digitalización y los procesos de automatización en la arquitectura, se pudieron automatizar las tareas cotidianas, ahorrar tiempo optimizando las compatibilidades y también a generar diseños con un mayor grado de complejidad.

Actualmente se dice que nos encontramos en la cuarta revolución industrial, llamada también Industria 4.0, que se caracteriza por una mayor automatización y el uso de fábricas inteligentes, las cuales obtienen información de los datos para producir bienes de manera más eficiente y productiva (IBM, 2019). La verdadera transformación digital de la industria de la construcción tendrá lugar cuando la tecnología se incorpore durante todo el ciclo de vida de los proyectos mediante distintos softwares, herramientas y aplicaciones (Vitorino, 2020).

La automatización del rubro de la construcción fue desarrollándose de forma incipiente. No obstante, su desarrollo fue impulsado principalmente a través de planes gubernamentales.

Dentro de estos se encuentra Constuye2025, desde CORFO. Este plan incentiva políticas e iniciativas públicas que tengan por objetivo impulsar el desarrollo de una economía circular en el rubro de la construcción, todo en vías de lograr este objetivo para el 2025.

En síntesis, este plan busca transformar al sector construcción desde la productividad y la sustentabilidad, para lograr un desarrollo nacional impactando en forma positiva en los ámbitos social, económico y medioambiental (CORFO, s.f.). Busca modernizar la industria de la construcción mediante un plan de acción público-privado, mediante la incorporación de metodologías y tecnologías avanzadas de información para la reducción de los costos y la disminución de ineficiencias, considerando todas las etapas del ciclo de vida de los proyectos (DGOP, 2018).



Figura 14. Edificio Seagram en Nueva York, Mies Van der Rohe y Philip Johnson 1958.  
Fuente: Plataforma Arquitectura (2014)

### 3.2.1 ELEMENTOS PREFABRICADOS

Prefabricación, en su sentido más amplio, se define por la elaboración y ejecución de elementos, ya sea fuera de la obra (en taller ó fábrica), o al pie de la misma (Fig. 15). Tiene por objetivo facilitar la construcción, e implica racionalizar operaciones y aumentar la productividad en el trabajo. Forma parte de la idea de unidades tipo (repetitivas) que se acoplan o montan, con sistemas o medios simples o complejos y diferentes materiales y sistemas (Fig. 16) (Aguirre & Cañas, 2015).

Este método adquiere gran importancia a partir de la Segunda Guerra Mundial, ante la necesidad de construir millones de viviendas en un período acotado de tiempo, en el contexto de una Europa que se encontraba desbastada por estos acontecimientos.

La discusión en torno a la incorporación de la prefabricación para las edificaciones constituyó una preocupación creciente, considerando aspectos como los costos de la construcción de las unidades habitacionales, la creciente demanda por viviendas y el crecimiento en extensión al que estaban sometidas las ciudades (las cuales se encontraban en busca de terrenos suburbanos de bajos costos para la localización de los conjuntos residenciales).

En un contexto nacional en el que el país sobrellevaba diferentes adversidades que no permitían su correcta implementación (incluyendo la falta de desarrollo

industrial parejo y coordinado, falta de mecanización en el transporte y montaje de los elementos prefabricados, factores ambientales desfavorables y oferta excesiva de mano de obra barata y no especializada), es correcto decir que en aquel entonces era mucho más conveniente para las partes involucradas optar por métodos tradicionales por sobre los industrializados, tanto por costos y el producto final.

Los elementos prefabricados pueden clasificarse según: grado de prefabricación (Total / parcial), abierto (elemento de una dimensión) o cerrado (elemento en tres dimensiones), función (resistente, cerramiento y ornamental), peso (livianos, semipesados y pesados) forma (lineales, bloques y paneles), y por materialidad.

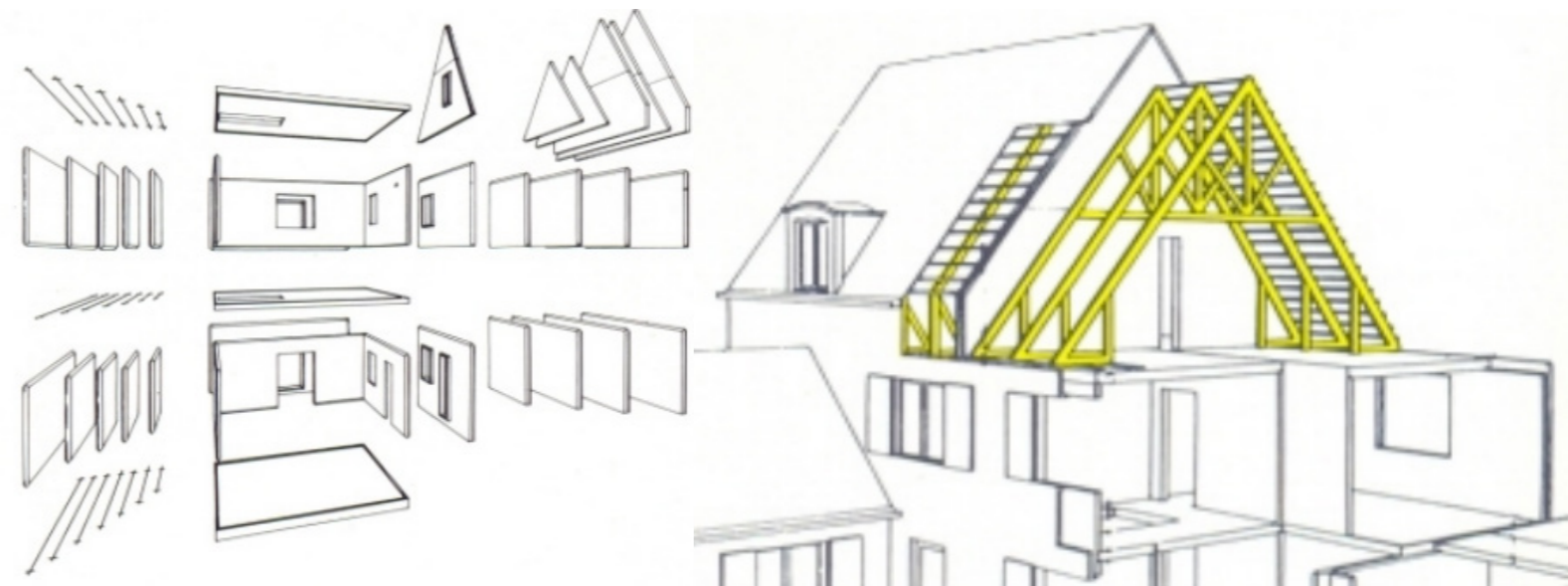


Figura 15. Elementos prefabricados de tipo abierto. (ANIPPAC, 2004)



Figura 16. Elementos prefabricados de hormigón, madera, metal y container respectivamente.

Con el paso de los años, y la efectiva inversión en la construcción por parte de organizaciones gubernamentales como Construye2025, ha sido posible el avance paulatino hacia un mercado industrializado de la construcción. Un ejemplo de ello es la empresa Baumax, que desde el año 2015 se dedica a la manufactura de elementos de construcción prefabricados en hormigón, donde sus fundadores trajeron un sistema innovador desde Alemania que logró revolucionar el sector de la construcción.

El sistema utilizado en Baumax (Fig. 17), fue gratamente acogido e impulsado por el plan Construye2025, debido a que permite principalmente flexibilidad en el diseño, reducción del impacto ambiental considerando que los desechos generados son menores (comparado con una construcción convencional), además reduce significativamente el costos de mano de obra, tiempos de construcción, el producto resultante es de mayor calidad dada la disminución de margen de errores, entre otras tantas ventajas (Baumax, 2019)

Cada vez es más habitual la utilización de elementos prefabricados que se acoplan in situ, perdiendo esa visión que se tenía de una obra con mucho ruido, polvo, tiempo y suciedad. Lentamente la industria de la construcción se atreve a apostar por nuevos sistemas, utilizando tecnologías sustentables con sus instalaciones y ensambles previamente instalados.

A pesar de que si ha habido un aumento en la optar por esta alternativa con respecto a años anteriores, el panorama actual (Fig. 18), muestra que la mayor solicitud a nivel nacional para edificación en altura corresponde al cortado y doblado de enfierraduras, seguido por las escaleras y tabiques. Esto evidencia que en Chile no se solicitan en mayor grado proyectos construidos en su totalidad con elementos prefabricados, sino que por partes o piezas.



Figura 17. Fotografías de brazo robótico de maquinaria y proceso de vertido de hormigón y cubrimiento de enfierradura respectivamente, para la construcción automatizada del hormigón armado en Chile en la empresa Baumax. (BAUMAX, 2021)

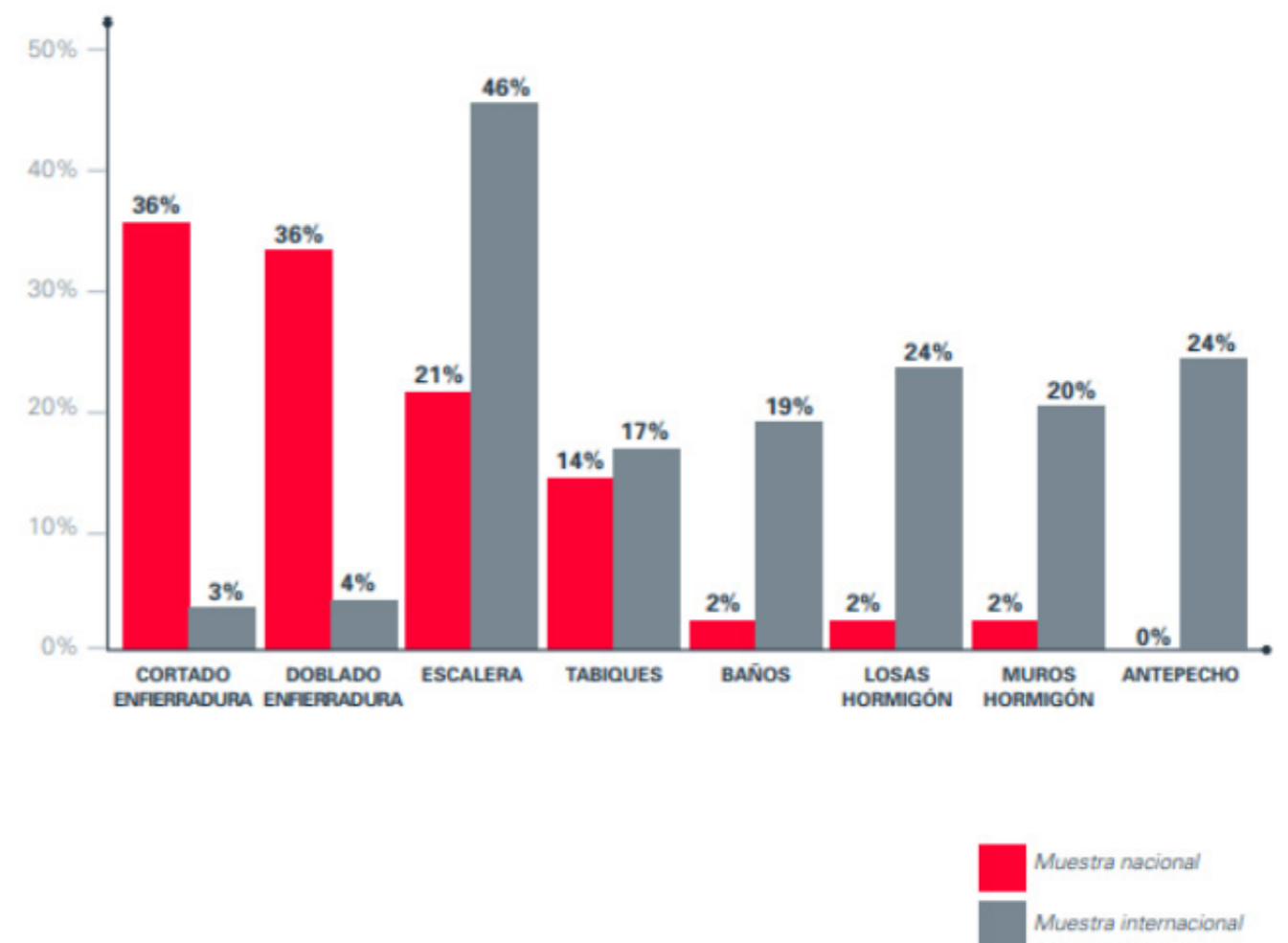


Figura 18. Comparación en porcentaje de uso de tipos de elementos prefabricados para edificación en altura entre Chile y el mundo - Fuente: Estudio de Productividad en la Construcción 2020, CChC.

### 3.2.2 FABRICACIÓN ADITIVA

La fabricación digital cubre cualquier proceso de fabricación controlado por una computadora. Aunque las tecnologías se están expandiendo constantemente, implican principalmente uno de estos tres tipos de métodos: fabricación por adición, fabricación por sustracción y manipulación robótica de cualquier tipo (Cutieru, 2020).

La fabricación aditiva, que comúnmente se conoce como impresión 3D, consiste en la extrusión de material por capas desde una máquina especializada. Una vez extruída y alcanzada la temperatura ambiente, se va solidificando para soportar la capa superior.

Los alcances de la impresión 3D y su crecimiento se han hecho notar en el último tiempo. Ésta ha permitido generar avances en una variedad de ámbitos, como por ejemplo, en la medicina; con implantes de órganos y prótesis, creación de mascarillas y otros artefactos que han contribuido a combatir la actual pandemia. Pero ¿a partir de qué se origina?

Ocho años después de que se inventara la impresora de inyección de tinta en 1976, Charles W. Hull, licenciado en Física de la Ingeniería de la Universidad de Colorado, inventa la estereolitografía en 1984. Esta consiste en una tecnología láser que emplea una resina líquida sensible a la luz UV para crear modelos en tres dimensiones (sus siglas en inglés, SLA: StereoLithography Apparatus)

(Fig. 19). Tras años de dedicación a su campo de estudio, logró imprimir una pequeña taza negra con el prototipo de impresora (Fig. 20). Es entonces que patenta este sistema en 1986, fundando 3DSystems, una de las empresas más reconocidas actualmente que utiliza esta tecnología (García, 2018).

La idea iba dirigida a personas que tuvieran intenciones de traducir un prototipo digital a la vida real, a partir de un archivo de programa especializado en modelado en 3D. Esto para comprobar funciones preliminares antes de que se invierta en la fabricación del modelo definitivo.

La invención resultó abaratar los costes, reducir los tiempos de entrega y podía ajustarse a las necesidades de cada consumidor (TYCLH, 2018). La tecnología digital permitió entonces que cada objeto fabricado digitalmente pudiera ser único y que, además, las posibles variaciones no implicaran un coste adicional al proceso.

Poco tiempo luego de esta invención, se crean 2 sistemas nuevos para esta imprimir en 3 dimensiones: el SLS (que significa y consiste en la "Sintetización de polvo con láser") en 1987, pero no fue hasta 2006 que salió la primera impresora 3D comercial de SLS (Kurt, 2019).

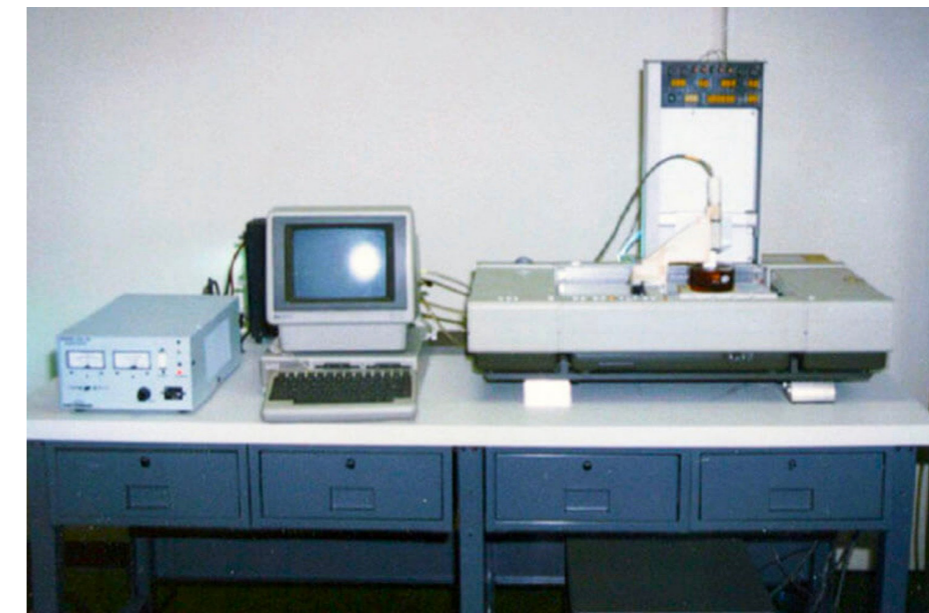


Figura 19. Prototipo de la impresora SLA-1 de 3D Systems. Fuente: Silva (2019)

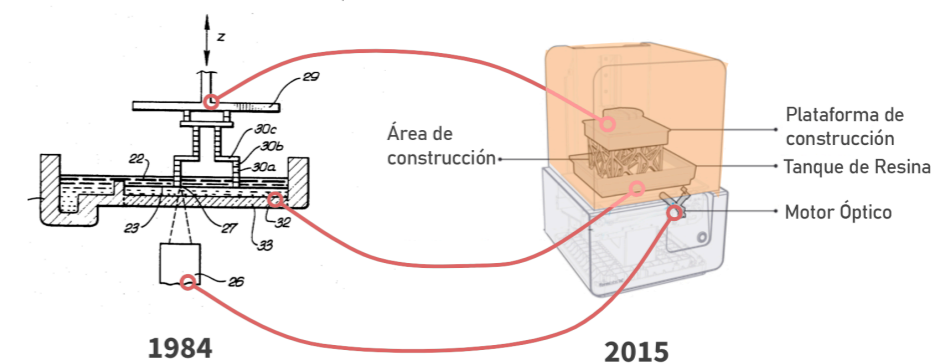


Figura 20. Diagramas comparación Charles Hull patente original, con impresora Form 2 de estereolitografía actual. Fuente: BitFab (2019)

El segundo sistema nuevo, creado en 1988, FDM (Deposición de filamento fundido) fue desarrollado por Scott Crump y vendido por Stratasys desde 1991 (Sanchez, 2017). Esta se constituye en base a 3 elementos principales: una placa/cama de impresión en la que se imprime la pieza, una bobina de filamento que sirve como material de impresión y una cabeza de extrusión (extrusor). En resumen, el filamento es succionado y fundido por el extrusor de la impresora 3D, que deposita el material de forma precisa capa por capa sobre la cama de impresión.

Este último es el sistema que se ha extendido mayormente en su comercialización en la actualidad, y es el que se utilizó para comenzar a incursionar en el ámbito de la construcción (Fig. 21).

La aplicación de las nuevas tecnologías en la construcción parece integrarse en la industria más lentamente de lo esperado. Sin embargo, cada vez más procesos de construcción digital se integran gradualmente en la práctica arquitectónica (Cutieru, 2020).

Entre las ventajas que presenta la impresión 3D se destacan:

- Menor posibilidad de errores: dado que la mayor parte del trabajo es realizada a través de software y máquinas, existe un menor porcentaje de margen de error.
- Bajo costo de la construcción en sí, dada lo optimización de material (Fig. 22).
- La rápida velocidad para imprimir los muros.
- Posibilidad de utilizar materiales ecológicos: las impresoras 3D pueden combinar diversos materiales, lo que permite generar mezclas de distintos tipos. Muchas veces se utiliza el material del lugar mismo en el que se realizará la construcción.



Figura 21. Impresora de hormigón de la empresa COBOD. Fuente: web 3dnatives.

A pesar de sus ventajas, también nos encontramos con menoscabos, entre los cuales se encuentran:

- Imprimir sólo muros: hasta ahora, las impresoras 3D son capaces de imprimir sólo muros. Todavía es necesario construir cimientos, techos, accesorios combinados, tuberías, puertas, ventanas y todos los demás componentes.
- Alta inversión inicial: el capital inicial necesario para integrar la maquinaria de impresión 3D en el hormigón es muy elevado, por lo que las empresas pueden tener complicaciones para establecer una compañía exitosa.
- Mano de obra: dado que los trabajadores juegan un papel vital en la implementación del proyecto, la falta de mano de obra calificada también puede convertirse en una barrera del mercado. Se requiere una inversión sustancial en estructuras de soporte, capacitación laboral y principalmente investigación, transporte y almacenamiento.
- Altura: El tamaño de las máquinas de impresión 3D permite construir hasta cierta escala; hasta ahora la mayoría de las construcciones que se han realizado han llegado hasta los dos pisos.

De todas formas, es muy probable que las desventajas se reduzcan cada vez más a medida que se realicen avances. Esto referido tanto al desarrollo de maquinaria, como de la masificación de la industria, con el fin de que exista mano de obra calificada. Sumado a ello, cada vez se crean más sistemas que podrían complementar la impresión 3D de construcciones.

Actualmente en nuestro país, existe una iniciativa en vías de desarrollo la cual busca construir viviendas sociales con el método de impresión 3D con hormigón, a través de un cabezal que extruiría hormigón de gran fluidez y alta resistencia inicial.

El proyecto, con el cual se adjudicó el Fondart Nacional 2021, modalidad creación, lleva por nombre: "Anaquel de Manufactura Aditiva: Hacia un Nuevo Lenguaje Arquitectónico" (Figura 32) (ICH, 2020).

Dicho proyecto fue adjudicado por la colega Verónica Arcos, Arquitecta Universidad Central de Chile, titulada con distinción máxima, 2001. En 2018 obtuvo el premio Fermín Vivaceta, otorgado por el Colegio de Arquitectos de Chile por su destacada labor profesional en el ámbito de la tecnología aplicada a la arquitectura.

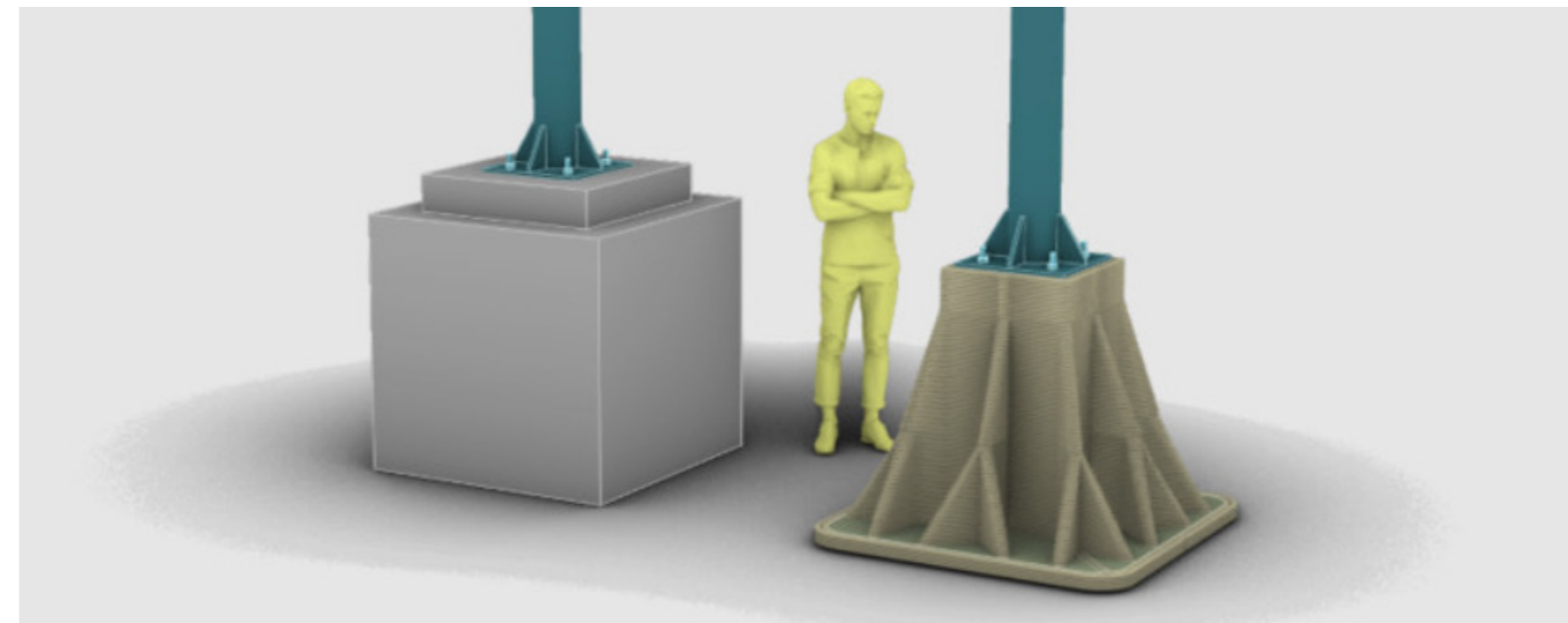
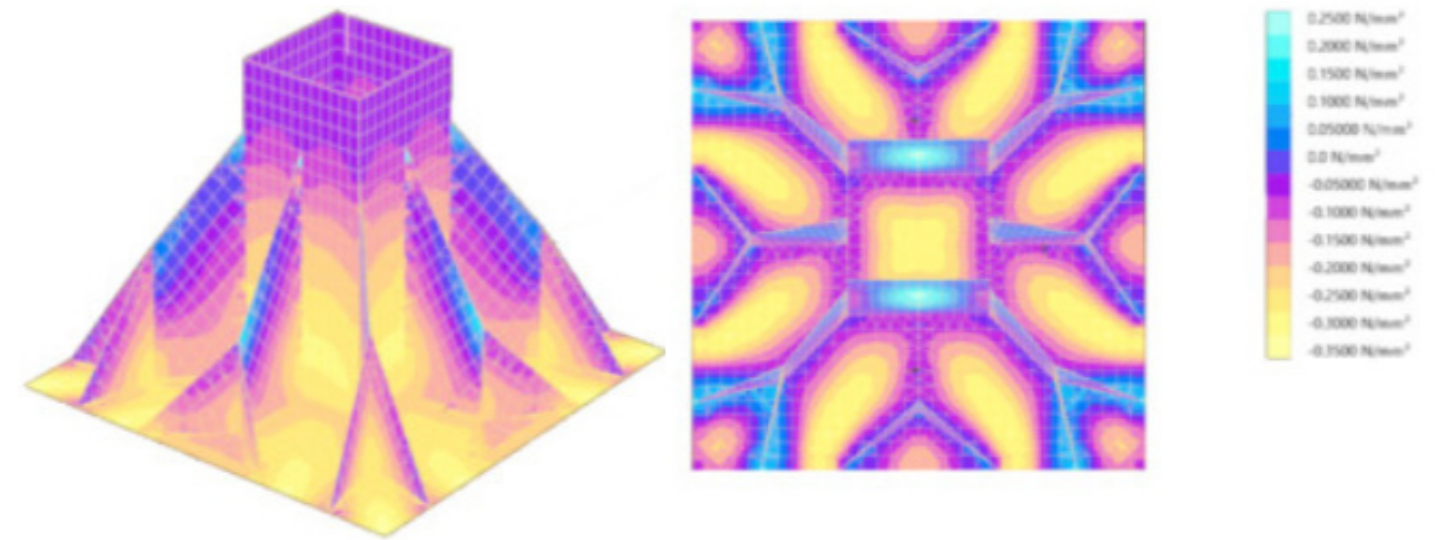


Figura 22. Comparación de una fundación de hormigón construida tradicionalmente con una optimizada por el estudio de distribución de fuerzas, utilizando impresión 3D. Fuente: Hyperion Robotics

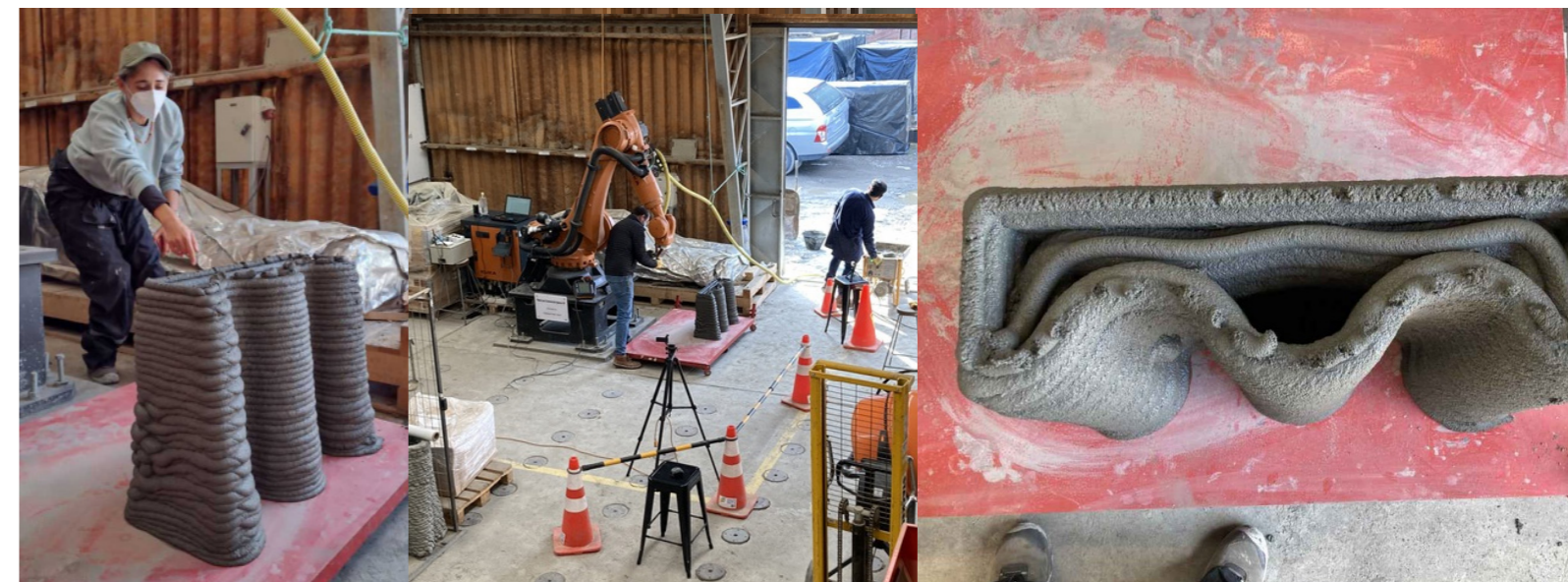


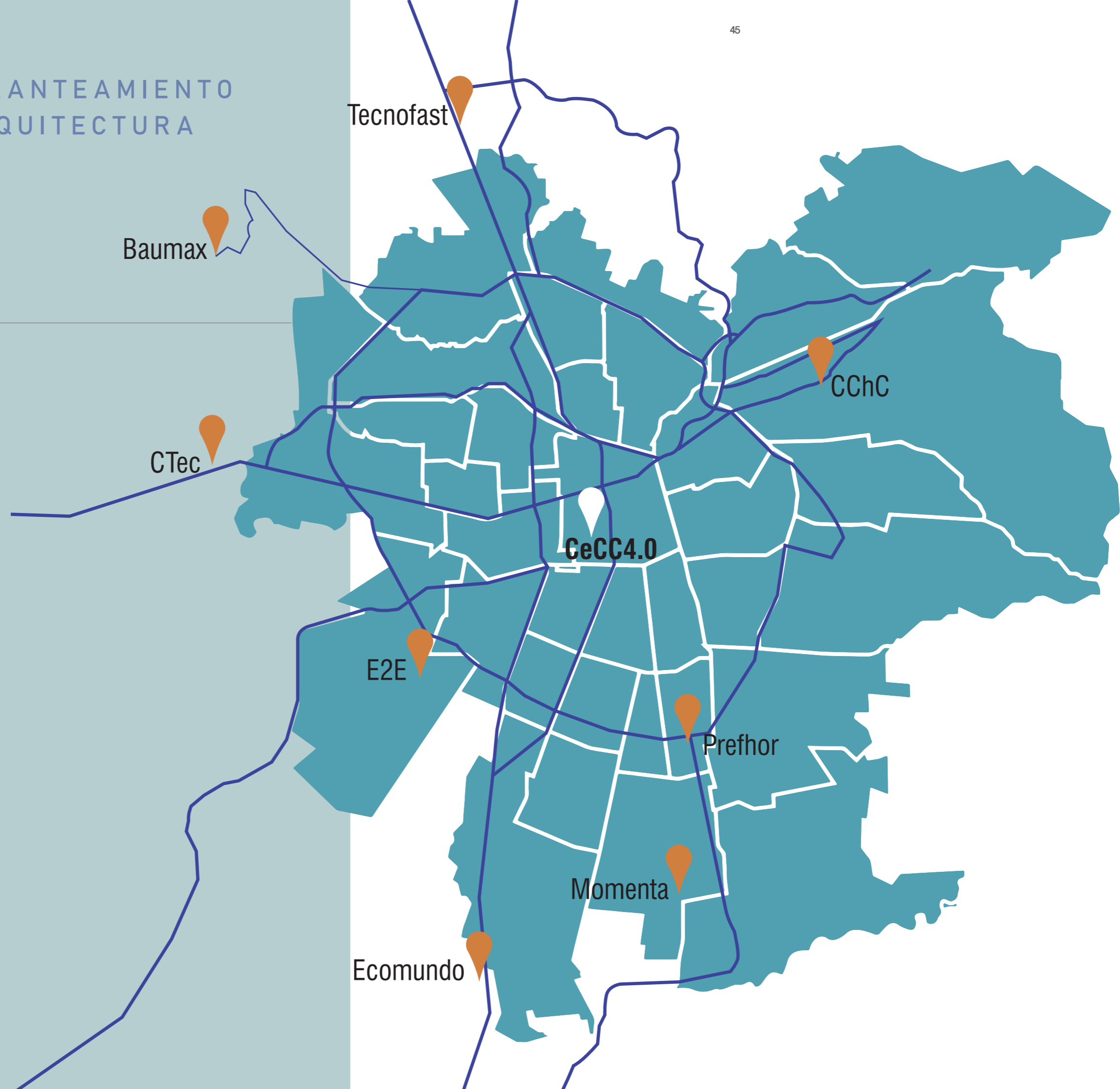
Figura 23. Anaquel de Manufactura Aditiva: Hacia un Nuevo Lenguaje Arquitectónico Fuente: Instituto Chileno del Hormigón (ICH) (2020)

# CAPÍTULO CUATRO: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO DE ARQUITECTURA

## 4.1 EMPLAZAMIENTO

Desde el concepto de que la tecnología tiene que llegar a la mayor cantidad de lugares posibles y ser accesible para la mayor cantidad de personas, se propone la Región Metropolitana. Esto se justifica en el hecho de que presenta mayores índices en la actividad de la construcción en cuanto a ocupados en el rubro, como también un mayor número de edificaciones anuales y superficie construida según cifras del INE (2008).

El lugar en específico se elige a partir de su accesibilidad en la ciudad, es decir en la comuna de Santiago Centro, y luego por su cercanía con la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, como también de instituciones como IDIEM. Al estar en una ubicación centralizada, servirá como un conector entre el obrero y las plantas prefabricadas que se ubican en la periferia de la ciudad como también con el recientemente inaugurado parque de innovación CTec y el edificio de la CChC.



El proyecto se inserta en el terreno de la UNTEC Fundación para la Transferencia Tecnológica fue creada por la Universidad de Chile en 15 de junio de 1989 ubicada actualmente en Avenida Beauchef 933. Su función es promover y ejecutar toda clase de actividades que conduzcan a una mejor utilización de la tecnología en el desarrollo económico, social y cultural del país.

La fundación ejecuta proyectos de investigación básica y aplicada, así como asesorías técnicas por encargo de diversas instituciones, tanto del sector público como privado, nacionales y extranjeras.

Fundamentado en base a la relación con el programa de la propuesta de título, se pretende hacer de la fundación parte del proyecto y expandirse.

Está pensado desde el punto de vista de que, en su ciclo de vida, el edificio en un principio servirá para capacitar una cantidad reducida de obreros, para eventualmente ser reutilizado para otro propósito. Esto en vista de que cada vez va a aumentar la necesidad de espacio junto con los obreros que quieran capacitarse en este ámbito, lo que este lugar en específico no ofrece, por lo que debe ser un espacio flexible a ser reemplazado en un futuro por otro programa.

Cuando el edificio no de abasto espacialmente, se podrá reubicar en una nueva localización cercana, en vista de que actualmente existe una migración hacia fuera de la comuna, por lo que se proyecta que habrán terrenos disponibles con aún mayor accesibilidad.

Este nuevo proyecto se puede pensar como un edificio multipropósito, que sirva como reactivación del centro de Santiago, justificado en la misma migración de población.

A continuación, se realizará una revisión de diversos referentes para tener una noción sobre cómo se deben proponer estos espacios. Luego de ello, se revisará el volumen teórico para aplicar en él lo revisado en esta sección.





## 4.2. REFERENTES

Por lo que se puede apreciar en las distintas imágenes de referencia, la configuración del espacio de taller con maquinaria consta de una gran planta libre con una altura considerable.

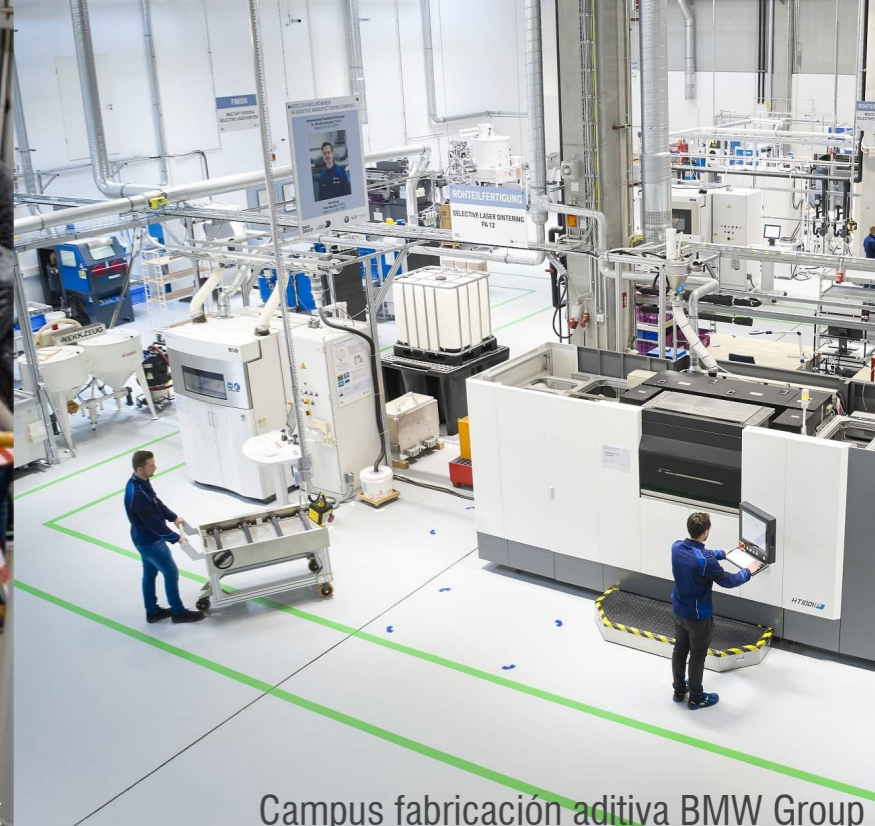
Esto se debe conjugar con el diseño interior, para que el obrero que asista no sienta que es una continuación del trabajo y tenga iniciativa para aprender en el espacio propuesto. Debe ser un lugar acogedor, ya que la idea es diseñar desde el usuario y no desde las máquinas.

Para este efecto se toma como principal referente a Contract Workplaces, cuyo propósito es "humanizar los espacios de trabajo diseñando experiencias que potencien el talento, el bienestar y la productividad", siendo el último uno de los pilares en los que se apoya la propuesta desde un inicio. Este será un desafío posterior a resolver, pero en cuanto a la configuración de espacio se observa la diferencia de escala, la cual es más ajustada en la altura.

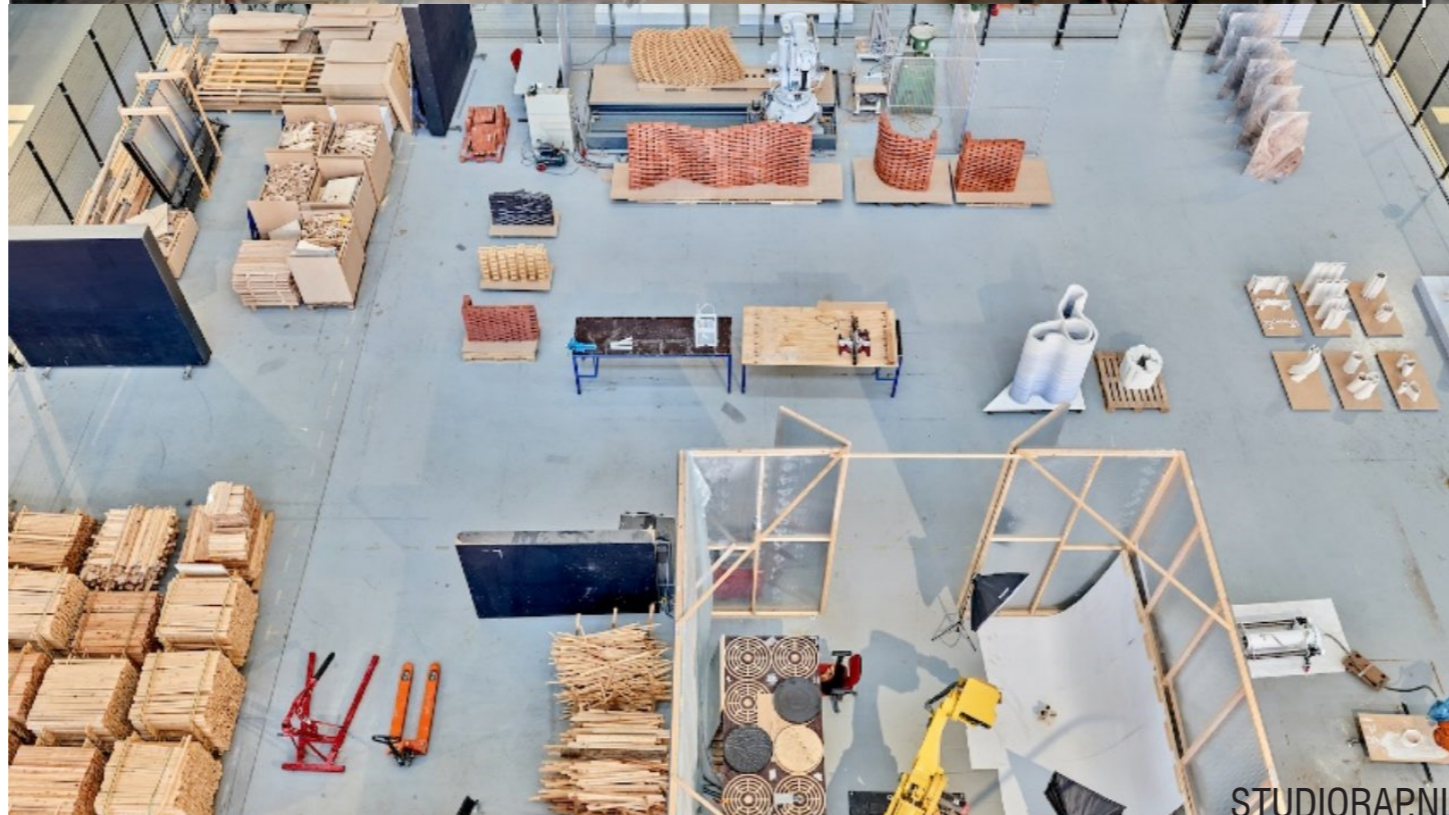
También debe tenerse en cuenta la modalidad online, tomando en consideración las nuevas salas híbridas del Campus Juan Gómez Millas. Contar con implementos tecnológicos tales como una cámara para el profesor, microfonía y acústica de muy buena calidad, para que los estudiantes online escuchen bien a los que participan de manera presencial para igualar la experiencia.



PRVOK Scoopt



Campus fabricación aditiva BMW Group



STUDIORAP.NL



STUDIORAP.NL



Contract Workplaces



Campus JGM U.Chile

### 4.3. NORMATIVA Y VOLUMEN TEÓRICO

El sector corresponde a la Zona D del Plan Regulador de Santiago.

En esta zona aplica que:

-Coeficiente máximo de ocupación del suelo:

- Vivienda y/o establecimiento de educación superior: 0.6
- Otros usos: 1.0

-Sistema de agrupamiento: Aislado, Pareado o Continuo.

-Alturas y distanciamientos:

La altura máxima para los tres tipos de sistema de agrupamiento será 12.5m, a excepción del sector ubicado al poniente de Av. Jorge Alessandri Rodríguez donde la altura máxima será 15m. En caso del proyecto, este aplica a esta última condición.

No se permitirá edificación aislada sobre la continua. Para todos los sistemas de agrupamiento no se permitirá exceder la altura máxima de edificación. Para los sistemas de agrupamiento aislado y pareado se deberá respetar un distanciamiento mínimo de 5m.

Respecto de los deslindes. f) Los cambios de destino de los edificios, deberán cumplir con las siguientes condiciones: Sólo se permitirá la instalación de actividades correspondientes a los usos de suelo expresamente autorizados en el punto a.1) de la Zona D, de la presente Ordenanza.

Estos programas permitidos corresponden a: ) Usos Permitidos:

a.1.1) Residencial: Vivienda

Edificaciones y locales destinados al hospedaje

a.1.2) Equipamiento: con las excepciones indicadas en a.2.1)

Científico, Comercio, Culto y Cultura, Deporte, Educación, Esparcimiento, Salud, Seguridad, Servicios, Social



a.1.3) Actividades Productivas: Taller Artesanal de acuerdo a la definición establecida en el artículo 9 y de acuerdo a la TAP N°3, incluida al final del presente capítulo IV.

a.1.4) Infraestructura:

Infraestructura de Transporte: Con las excepciones indicadas en a.2.3)

Infraestructura Sanitaria: Con las excepciones indicadas en a.2.3)

a.1.5) Espacio Público: con las excepciones indicadas en a.2.4)

a.1.6) Áreas Verdes

Los usos prohibidos de la zona corresponden a:

a.2.1) Equipamiento:

Comercio: Casa de remate y/o consignaciones; compra, venta y reciclajes de papeles, cartones, fierro, plásticos, botellas y/o envases de cualquier tipo; venta de casas prefabricadas y/o rodantes; venta de maquinaria pesada y/o venta de vehículos motorizados.

Deporte: Estadios, centros deportivos, medialunas, coliseos.

Esparcimiento: Zoológicos, hipódromos, parques de entretenimientos.

Salud: Hospitales, cementerios, morgue; exceptuándose las complementarias a los hospitales.

Seguridad: Bases militares, cuarteles y/o cárceles.

a.2.2) Actividades Productivas: Imprentas, taller mecánico, vulcanización, pintura y desabolladura de motos o automóviles y todas las actividades productivas. Se exceptúan, las industrias y talleres que cumplan con la definición y las condiciones establecidas en el artículo 9, de la presente Ordenanza, de acuerdo a la TAP N° 3, señalada al final del presente Capítulo IV, siempre y cuando se localicen en el sector comprendido al sur de calles Copiapó y Av. Almirante Blanco Encalada.

a.2.3) Infraestructura:

Infraestructura de Transporte: Terminales rodoviarios de nivel interurbano, terminales ferroviarios, terminales de servicio de locomoción colectiva urbana, de tipo terminal de vehículos y depósito de vehículos, estaciones de intercambio modal y terminales externos.

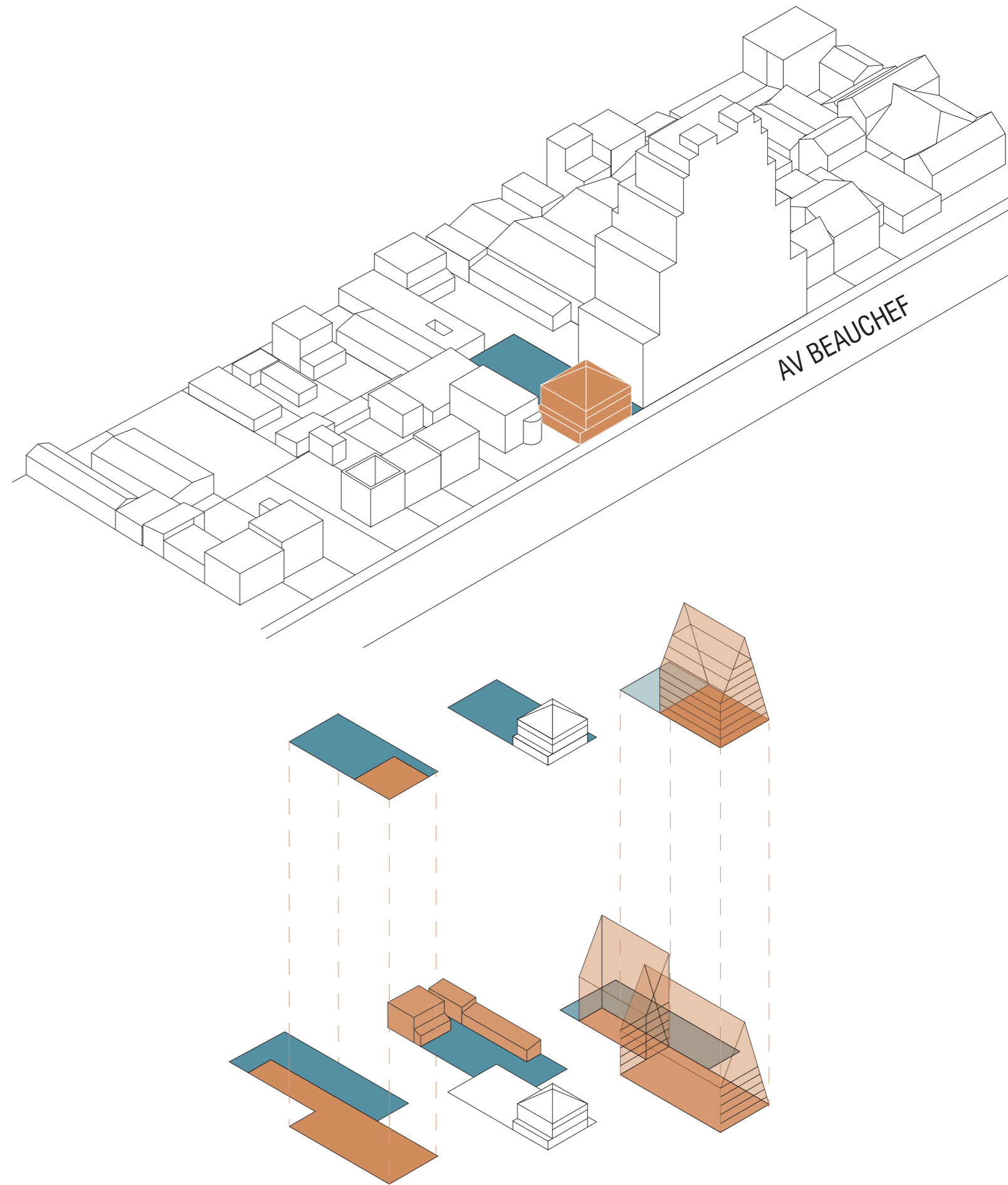
Infraestructura Sanitaria: Plantas y/o botaderos de basura y/o estaciones de transferencia.

a.2.4) Espacio Público: Terminales externos, (Art. 4.13.9. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones)

Para la proyección del volumen teórico se asume la adquisición del terreno poniente al de la UNTEC, destinado actualmente a bodegas, para poder ejecutar al menos lo mínimo necesario del programa.

Se obtienen 6470m<sup>2</sup> totales a partir de la aplicación de la normativa al unir ambos terrenos. A esto se le suman 980m<sup>2</sup> de superficie de cubierta que es posible habilitar para su aprovechamiento.

Dado que las tres primeras plantas proyectadas serán ocupadas por la altura que establece el espacio para las maquinarias, sobre él se ubican los programas descritos a continuación.



## 4.4. PARTIDO GENERAL

A partir de lo obtenido al determinar el volumen teórico, el partido general se organiza en dos bloques opuestos entre sí unidos por un pasillo que recorre tangencialmente ambos de principio a fin.

El proyecto, desde el concepto principal, podrá acercar a las personas a la tecnología no solo desde su sede física. Este contará con un programa de capacitación híbrido, para ofrecer posibilidades a obreros de regiones, e incluso los mismos de Santiago que trabajan en horarios muy extensos.

Se debe tener en cuenta el carácter que se le dará específicamente a este proyecto, que pretende ampliar los horizontes a futuro de la construcción, en cuanto a la enseñanza de los nuevos métodos.

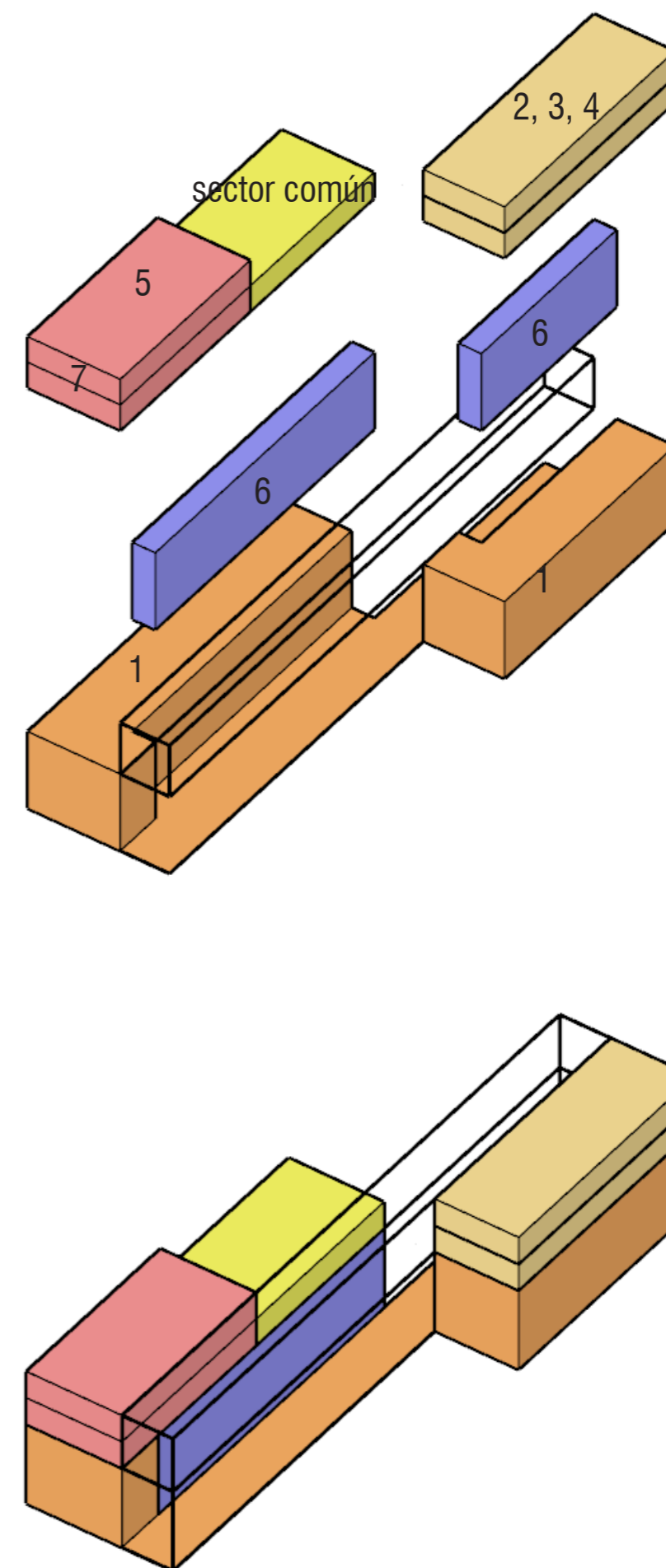
Se observa actualmente que los contenidos teóricos pueden enseñarse por medio de plataformas virtuales. Esto quiere decir que el grueso del programa se centrará en la experimentación de primera fuente con las maquinarias que van surgiendo, asumiendo un rol conector entre el obrero y la construcción automatizada.

Debido al elevado costo de inversión de las maquinarias modernas, es posible que demore muchos años en llegar a Chile, por lo que momentáneamente se podrá usar como espacio multiuso. Este deberá tener una gran amplitud para la eventual llegada de éstas.

El proyecto para diferenciarse de otros centros de capacitación tendrá como objetivo prestar espacios para que se puedan realizar presencialmente estas propuestas de programa:

- (1) Experimentación nueva maquinaria (500m<sup>2</sup>)
- (2) Salas híbridas de capacitación
- (3) Talleres de BIM en salas de computación
- (4) Experimentación con implementos de Realidad Virtual (RV) y Realidad Aumentada (RA)
- (5) Entrenamiento de vuelo de dron (cubierta habitable) (200m<sup>2</sup>)
- (6) Sala de muestra expositiva, sobre resultados de estudios y prototipos en vista de línea de tiempo.
- (7) UNTEC (400m<sup>2</sup>)

En una etapa inicial, se había propuesto dentro del proyecto un terminal de buses de baja escala para el acercamiento de los obreros a las plantas de prefabricados, pero la idea se descarta a partir de la optimización de espacio y pensando en que esto iba a ser eventualmente reemplazado por visitas utilizando implementos de RA y RV. Esto será en su defecto gestionado desde fuera.



## BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, B., & Cañas, N. (2015). SOBRE LA ARQUITECTURA PREFABRICADA EN CHILE 1960 - 1973. Obtenido de [http://dup.ucentral.cl/pdf/dup\\_29\\_aguirre\\_canas\\_vergara.pdf](http://dup.ucentral.cl/pdf/dup_29_aguirre_canas_vergara.pdf)

Aguirre, C., & Andrade, M. (2005). ANÁLISIS DESCRIPTIVO SOBRE LA REALIDAD DE LOS TRABAJADORES DE LA CONSTRUCCIÓN: DESAFÍO SOCIAL PARA LA EMPRESA. *Revista de la Construcción*, 4(2), 65-75. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1276/127619745008.pdf>

Aguirre, M. (2008). Para una historia de la difusa arquitectura moderna en Chile. No 17 de arquitectura. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/118043>

BCN. (2005). LEY 18834 APRUEBA ESTATUTO ADMINISTRATIVO. Obtenido de Biblioteca del Congreso Nacional de Chile: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30210>

Begic, H., & Galic, M. (2021). A Systematic Review of Construction 4.0 in the Context of the. (R. Amor, Ed.) *Buildings*. doi:<https://doi.org/10.3390/buildings11080337>

Berczely, A. (Octubre de 2020). Encuentro técnico CCI Industrialización en uniones y estructuras 2020. (K.

Martínez, Entrevistador) Obtenido de <https://youtu.be/twS4t8m3eUQ?t=1903>

Biblioteca Nacional De Chile. (2022). Arquitectura Industrial en Santiago del Centenario. Obtenido de Memoria Chilena: <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-100574.html>

Brito, M. (Diciembre de 2020). Estancamiento de la productividad: ahora más que antes, una situación por resolver. Obtenido de *Construye2025*: <https://construye2025.cl/2020/12/30/estancamiento-de-la-productividad-ahora-mas-que-antes-una-situacion-por-resolver/>

Calderón, M. J. (2014). Centro de capacitación en acabados de la construcción en el centro comercial Home Design Plaza. Obtenido de Repositorio Digital Universidad De Las Américas: <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/3214>

CChC. (2019). Caracterización de los Trabajadores de la Construcción. Obtenido de <https://extension.cchc.cl/datafiles/45342-2.pdf>

CNP. (Agosto de 2020). PRODUCTIVIDAD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN. Obtenido de Comisión Nacional de la Productividad: <https://www.comisiondeproductividad.cl/wp-content/uploads/2020/09/II.-6-Sustentabilidad-2.pdf>

CORFO. (26 de Noviembre de 2018). La Cuarta Revolución Industrial llega al sector Construcción en Chile. Obtenido de <https://construye2025.cl/2018/11/26/la-cuarta-revolucion-industrial-llega-al-sector-construccion-en-chile/>

CORFO. (4 de Febrero de 2021). Campus CTec y su aporte al capital humano, un factor clave para el desarrollo del sector construcción. doi:<https://construye2025.cl/2021/02/04/campus-ctec-y-su-aporte-al-capital-humano-un-factor-clave-para-el-desarrollo-del-sector-construccion/>

Cutieru, A. (Junio de 2020). El estado de la fabricación digital en arquitectura. Obtenido de Plataforma Arquitectura: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/941027/fabricacion-digital-en-arquitectura>

del Val Román, J. (2016). Industria 4.0: la transformación digital de la industria. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto, CONFERENCIA DE DIRECTORES Y DECANOS DE INGENIERÍA INFORMÁTICA (Coddii). Obtenido de <http://coddii.org/>

<wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>

Delaqua, V. (Junio de 2021). Breve historia de la automatización en la arquitectura. Obtenido de Plataforma Arquitectura: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/964440/breve-historia-de-la-automatizacion-en-la-arquitectura>

DGOP. (2018). Minuta Ejecutiva "BIM Estrategia Pública 2020". Dirección General de Obras Públicas. Obtenido de [https://dgop.mop.gob.cl/areasdgop/semat/Documents/Resumen\\_Ejecutivo\\_Seminario\\_BIM.pdf](https://dgop.mop.gob.cl/areasdgop/semat/Documents/Resumen_Ejecutivo_Seminario_BIM.pdf)

Escudero, M. J. (2011). Gestión de aprovisionamiento. Ediciones Paraninfo.

Fuenzalida, G. (2010). Instituto de capacitación para el obrero de la construcción y su entorno familiar y comunitario. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/100251>

García, B. (6 de Agosto de 2018). Conoce al padre de la tecnología de impresión 3D, Charles W. Hull. Obtenido de [blogthinkingbig.com](https://blogthinkingbig.com/charles-hull-impresora-3d): <https://blogthinkingbig.com/charles-hull-impresora-3d>

GENOVEFA. (2022). Bibliothèque Sainte-Geneviève. Obtenido de <https://genovefa.bsg.univ-paris3.fr/s/genovefa/page/accueil>

IBM. (Agosto de 2019). ¿Qué es la Industria 4.0? Obtenido de IBM: <https://www.ibm.com/cl-es/topics/industry-4-0>

Infante, V., & Breijo, T. (2017). Mirada histórica al proceso de capacitación en el mundo. Mendive. Obtenido de <https://mendive.upr.edu.cu/index.php/MendiveUPR/article/view/972/html>

Innovapedia. (s.f.). Las seis herramientas más importantes para mejorar la construcción en Chile. Obtenido de Innovapedia: <https://innovapedia.ucsc.cl/las-seis-herramientas-mas-importantes-para-mejorar-la-construccion-en-chile/>

Kuhlenthal, P. (2017). Construcción robotizada con hormigón Caso Baumax. Obtenido de [https://es.slideshare.net/Presentaciones\\_ICH/sistema-baumax-construccion-robotizada-con-hormign](https://es.slideshare.net/Presentaciones_ICH/sistema-baumax-construccion-robotizada-con-hormign)

Leiva, P. (2022). Evaluar el grado de adopción de construcción 4.0 en planificación y control, en la etapa de construcción. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/184913>

Letón, J. (2020). AUTOMATIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN: Hacia un nuevo modelo constructivo. Madrid. Obtenido de [http://oa.upm.es/64825/1/TFG\\_Jun20\\_Leton\\_Carrasco\\_Javier.pdf](http://oa.upm.es/64825/1/TFG_Jun20_Leton_Carrasco_Javier.pdf)

Matrix Consulting. (2020). Estudio de productividad: Impulsar la productividad de la industria de la Construcción en Chile a estándares mundiales. Obtenido de [https://cchc.cl/assets/landings/2020/informe-productividad/pdf/ResumenEjecutivo\\_Estudio\\_de\\_Productividad\\_Construcción2020.pdf](https://cchc.cl/assets/landings/2020/informe-productividad/pdf/ResumenEjecutivo_Estudio_de_Productividad_Construcción2020.pdf)

McKinseyGI. (2017). Reinventing Construction: a router to higher productivity. Obtenido de <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-executive-summary.pdf>

Ortega, A. (Mayo de 2020). Arquitectura 4.0 de la industria al diseño. Obtenido de AODpaisajes: <https://aodpaisajes.com/2020/05/25/arquitectura-4-0-de-la-industria-al-diseno/>

Portal Innova. (Octubre de 2019). Seminario Internacional Construcción Industrializada. Obtenido de Portal Innova: <https://portalinnova.cl/seminario-internacional-construccion-industrializada/>

Posada, A. (2013). La capacitación en Chile, un modelo referencial con recorrido histórico. Escenarios, 11(2), 30-39. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4735059>

Sanchez, S. (Octubre de 2017). FDM o modelado por deposición fundida. Obtenido de 3D Natives: <https://www.3dnatives.com/es/modelado-por-deposicion-fundida29072015/>

Schayan, J. (Abril de 2014). Industria 4.0 en la Feria de Hannover. Obtenido de Deutschland.de: <https://www.deutschland.de/es/topic/economia/globalizacion-comercio-mundial/industria-40-en-la-feria-de-hannover>

Souza, E. (19 de Junio de 2019). ¿El futuro de la vivienda social podría ser la impresión 3D? Obtenido de Arch Daily: <https://www.archdaily.mx/mx/919041/el-futuro-de-la-vivienda-social-podria-ser-la-impresion-3d>

Tapia, A. (Septiembre de 2018). LA TRANSFORMACIÓN SUSTENTABLE DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN. Obtenido de Certificación Edificio Sustentable (CES): <https://certificacionsustentable.cl/la-transformacion-sustentable-del-sector-construccion/>

TYCLH. (Septiembre de 2018). Construcción con hormigón en 3D. Obtenido de El blog de LafargeHolcim:

<http://construirunmundonuevo.com/construccion/el-futuro-es-3d-casas-sostenibles-y-habitables/>

U. de Chile. (2022). DESARROLLO ORGANIZACIONAL Y CAPACITACION. Obtenido de Universidad de Chile: <https://uchile.cl/u45199>

Vitorino, P. (Septiembre de 2020). Construcción 4.0: Una visión general de la cuarta revolución industrial presente en la construcción. Obtenido de Blog Konstruedu: <https://konstruedu.com/es/blog/construccion-4-0-una-vision-general-de-la-cuarta-revolucion-industrial-presente-en-la-construccion>

You, Z., & Feng, L. (Julio de 2020). System, Integration of Industry 4.0 Related Technologies in Construction Industry: A Framework of Cyber-Physical. Obtenido de IEEE Xplore digital library: <https://www.semanticscholar.org/paper/Integration-of-Industry-4.0-Related-Technologies-in-You-Feng/8ee564595c1d9cd6686a1fe6e98baf99e68a6f9f>