



# INDUSTRIALIZACIÓN SIN INDUSTRIA

PREFABRICACIÓN SIN FÁBRICA

**AL ALCANCE DE TODOS**  
Constructoras y pymes  
**LIDERAZGO ARQUITECTO**

Manuscrito Digital  
**3ª EDICIÓN** septiembre 2020

**OSCAR ZACCARELLI V.**  
Arquitecto P.U.C. de Chile

# INDICE RESUMIDO DE CONTENIDOS

(Índice detallado: al final, pág. 159)

12 marzo 2020

3ª EDICIÓN

INDICE RESUMIDO DE CONTENIDOS .....	2
<b>A. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
RAZÓN DE SER	
ESTADO DEL ARTE	
<b>CAPÍTULO 1.-</b> .....	<b>10</b>
<b>ANTECEDENTES PREVIOS</b>	
<b><u>B. EL LEGADO del CPC</u></b> .....	<b>10</b>
<b>C. CONCLUSIÓN ALARMANTE</b> .....	<b>17</b>
<b>CAPITULO 1.</b> .....	<b>19</b>
<b>PLANTEAMIENTO Y CLARIFICACIÓN CONCEPTUAL</b>	
<b>1.1.- HOY EN CHILE 2018</b>	
1.1-A.- APARECE UNA EXPLOSIÓN VIRTUOSA	
<b>1.2. EL GRAN OBJETIVO: INDUSTRIALIZAR LA CONSTRUCCIÓN NACIONAL ...</b>	<b>23</b>
1.2-B.- LA INDUSTRIALIZACIÓN CONCEPTUAL	
1.2-C.- LAS TRES FORMAS GRADUALES DE INDUSTRIALIZAR .....	<b>23</b>
1.2-D.- EL ROL DE LAS INSTITUCIONES	
<b>1.3. PROGRAMACIÓN SERIADA DE OBRAS</b> .....	<b>28</b>
NUESTRO PLANTEAMIENTO FUNDAMENTAL	
<b>1.4. TESTIMONIO CABURGA</b> .....	<b>42</b>
<b>1.5. INVESTIGACIÓN SOCIAL INÉDITA</b>	
<b>OPERARIOS DE INDUSTRIALIZACIÓN + FDI CPC</b> .....	<b>49</b>
<b>1.6. TRABAJANDO TRABAJANDO TRABAJANDO</b> .....	<b>56</b>
<b>1.7. LOS EQUIPOS INTERDISCIPLINARIOS</b> .....	<b>58</b>
<b>1.8. ROL DE LAS INSTITUCIONES</b> .....	<b>58</b>
... 1.9. ALGO SOBRE LA INDUSTRIA PROVEEDORA DE PREFABRICADOS .....	<b>63</b>
SEMÁNTICA Y DEFINICIONES	
<b>1.10. REDUCCIÓN DE PLAZOS : SU IMPORTANCIA</b>	
<b>1.11. PRODUCTIVIDAD LABORAL – Industrializando la mano de obra.</b>	
<b>1.12. PROPOSICIÓN DE UNA METODOLOGÍA</b>	
<b>PARA PROYECTAR EN PREFABRICACION.</b>	
<b>1.13. ¿QUÉ NOS FALTA?</b>	
<b>1.14. BENEFICIOS DE LA INDUSTRIALIZACION EN LA CONSTRUCCION</b> .....	<b>70</b>

## CAPÍTULO 2.-

<b>2.1. CONCEPTOS ESTRUCTURALES BÁSICOS</b> .....	<b>73</b>
2.1-A. LA INERCIA como resistencia a la Flexión	
<b>2.1-B. UNIONES Y CONEXIONES</b> CONCEPTOS GENERALES .....	<b>78</b>

## CAPÍTULO 3.- ..... **84**

A.- PROYECTOS DESTACADOS DE CURSOS EN LA UNIVERSIDAD CENTRAL	
<b>B.- OBRAS CONSTRUÍDAS</b> .....	<b>87</b>
<b>3.1.- OBRA: PREFABRICACIÓN STADIO ITALIANO</b> .....	<b>88</b>
<b>3.2.- OBRA: VEGA LO ESPEJO</b> .....	<b>114</b>
<b>3.3.- OBRA: LAS DOS TORRES EMOS</b> .....	<b>117</b>
<b>3.4.- OBRA: VIVIENDAS SOCIALES (O.Z.) 2002 a 2010</b> .....	<b>119</b>
<b>3.5.- SISTEMA SIMPLEX CEPOL</b> .....	<b>135</b>
<b>3.6.- PREFABRICACIÓN EN MADERA</b> .....	<b>139</b>
<b>3.7.- OBRA: CVH HUALLILEMU</b> .....	<b>142</b>
<b>3.8.- TABIQUERIA EN PERFILES LIVIANOS ACERO GALVANIZAD</b> .....	<b>148</b>
<b>3.9.- SISTEMA HAPE: ACERO + CONCRETO</b> .....	<b>149</b>
<b>3.10.- SISTEMA TILT UP</b> .....	<b>150</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>152</b>
ANEXO A.1.- DE CÓMO FUERON LOS INICIOS DE LA EXPERIENCIA .....	152
ANEXO A.2.- AGRADECIMIENTOS Y HOMENAJES .....	153
ANEXO A.3.- DEDICACIÓN FINAL .....	154
RESEÑA BIBLIOGRAFICA DE REFERENCIA .....	155
<b>INDICE DETALLADO Con todos los temas</b> .....	<b>159</b>
FIN .....	165

# A. INTRODUCCIÓN

## A.1. RAZON DE SER DE ESTA PUBLICACIÓN

**Es el GRAN OBJETIVO:** LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN A NIVEL NACIONAL

### MOTIVACIÓN de la 3ª EDICIÓN

- + Esta tercera Edición toma conciencia de mi edad (85 años) y del conocimiento de la historia del tema, que casi nadie tiene y está prácticamente perdido, empezando en estos años de nuevo a redescubrir la Industrialización, sin comprenderla.
- + Habiendo constatado, que soy el puente, entre el pasado y el presente, que puedo transmitir cómo ya en 1965 entendíamos y aplicábamos la Industrialización (Sin Prefabricados), entendiéndola como un asunto Conceptual de la Dirigencia de las Constructoras y sus Equipos Interdisciplinarios, que organizan sus Obras transformando ejemplos de la Industria Manufacturera.
- + Por otro lado, las Ediciones anteriores: 1ª Edición de la EAE Editorial Académica Española, formato 17 x 25 cm en blanco y negro. 2ª Edición tamaño carta a todo color, están bastante completas, pero un tanto revueltas con temas separados, y anexos, que no clarifican directamente los aspectos fundamentales.
- + La 3ª Edición pretende cambiar todo el orden e incluso suprimir algunos puntos, tratando de clarificar los conceptos clave para la comprensión del tema y mejorar los enfoques que se han presentado. Estableciendo así, un camino más directo al GRAN OBJETIVO.

### MOTIVACIÓN GENERAL

- + Transferir conocimientos adquiridos. Los conocimientos son tomados de todos, no me pertenecen. Aparece el interés permanente, de hacer **Transferencia Tecnológica**, para difundir y colaborar en la forma más amplia, en favor de la modernización y perfeccionamiento de la Construcción y la Arquitectura que la origina.
- + La **urgente necesidad** de cambiar la Construcción por Mano de Obra Artesanal, por sistemas Industrializados con Producción Seriada y Prefabricados de Construcción por Montaje
- + Los datos duros del Programa Construye 2025: Productividad de la Construcción, no crece en 20 años. En 2017 estamos muy bajos en Productividad y Sustentabilidad (Aprox. 40 % de la OCDE). Se estiman unas 300.000 empresas constructoras y 90 % son PYMEs. Unas 90.000 son de la Cámara Chilena de la Construcción y un 80 % son PYMEs.
- + **La industrialización de la Construcción, a nivel nacional, es el GRAN OBJETIVO.** Esto motiva a ayudar a establecer acciones necesarias para elevar en la Construcción: la Productividad, la Innovación la Industrialización y la Sustentabilidad, reduciendo la brecha con los países de la OCDE.
- + La **característica especial de nuestro planteamiento**, expresada en el título del Libro, que complementa la posición generalizada de Industrializar sobre la base de Industrias, es dejar la Industrialización de la Construcción al Alcance de Todos, especialmente a favor de las PYMES.
- + El enfoque a las Tecnologías Blandas, con muy poca máquina, intensiva en Mano de Obra y Alta en innovación Profesional chilena.

+ Elevar el desarrollo de los Profesionales por la vía de la Innovación y la formación de equipos interdisciplinarios de diseño y construcción; más elevar la Productividad Laboral, incluyendo la Producción Seriadada.

+ La Torre de Babel de la Industrialización: Cada integrante del 2025 usa palabras distintas para cada término. Hace falta una Identidad Nacional, un acuerdo de cómo nombrar las cosas. Vemos asumir definiciones de relatores extranjeros, algunos con complejos de usar la palabra Prefabricación. Insisto que necesitamos acordar una terminología Propia, que nos de una Identidad.

+ Estas ideas, extraídas de la experiencia, son poco conocidas y muy personales, tienen poca bibliografía y más conferencias y apuntes propios y pueden ser un aporte para ser transferidas. Incluso estimamos que **esta publicación puede ser muy útil** en las Universidades, en la formación de los jóvenes, que son más receptivos y menos reacios a los cambios. ya que ellos son en todas las épocas nuevos creadores. Pero también al ámbito profesional, tanto de la Arquitectura como de la Construcción. Se aprecia un déficit de Arquitectos en el Programa 2025 y más aun de Arquitectos Tecnológicos.

+ Es muy posible que si estas ideas son asumidas y continúan su desarrollo, las generaciones siguientes. producirán múltiples aportes y soluciones, que prestigiarán al país, ayudándolo a ser referente en el tema.

Nuestra esperanza y deseo es que se estimule un desarrollo creciente que implique un mejoramiento continuo y una Innovación creciente. Pero no podemos dejar de mencionar que **apuntamos al Gran Objetivo: La Industrialización de la Construcción, a nivel Nacional.**

+ La Motivación última nace tarde, 2017, con el Programa Estratégico Construye 2025 de CORFO, lo que otorga una Motivación Adicional y un gran entusiasmo renovado para esta publicación.

## **A.2. EJECUCIÓN PRIMERO – CONCEPTUALIZACIÓN DESPUÉS**

### **SE TEORIZA LA EXPERIENCIA.**

+ Los planteamientos expuestos nacen de una larga experiencia como Arquitecto, de proyectar y vigilar la construcción de más de 1 millón de m2 de Prefabricación (en el grupo Simplex Cepol) y más de 2 millones de m2 de Programación Seriadada de Obras ejecutadas bajo la Dirección del Ingeniero Ramón Undurraga Montes (miembro del Equipo Interdisciplinario). Luego, como Director Ejecutivo del CPC (Centro Chileno de Productividad en la Construcción) por 14 años, se dio la oportunidad de reflexionar sobre qué habíamos hecho y cuáles eran los fundamentos y los beneficios alcanzados. Influyó en forma importante la Docencia sobre el tema en las escuelas de Arquitectura: en la Universidad Central y luego en la USACH (Universidad de Santiago).

Estas no son teorías de escritorio para ver si resultan, sino resultados reales obtenidos y reflexiones del significado de lo ejecutado: se ha teorizado la experiencia. Lo que dice el título de este segmento y la teoría desarrollada, tiene muchas afirmaciones, pero basadas en la experiencia. Esto significa que todas son ciertas, ya que fueron probadas y ocurrieron, en Programación de Producción Seriadada de Obras y Prefabricados. Son seguras y comprobadas repetidas veces.

+ Agradecimientos al CPC, Centro Chileno de Productividad en la Construcción, del cual hemos tomado sus lineamientos principales. Nada es nuestro, todo viene de otros. Pocas lecturas, muchas conversaciones, con los que saben, observación de obras y pensamientos, que forman un todo hecho propio. Un agradecimiento especial a todos y cada uno.

Las pocas lecturas, como una pequeña bibliografía, corresponden a la búsqueda de libertad para crear nuestra propia tecnología.

### A.3. ESTADO DEL ARTE

(En el mundo)

**La Prefabricación ha existido desde la prehistoria.** Los dólmenes eran bloques de piedra no labrada que se levantaron como muros que recibían otra gran roca como techo. Son los albores del sistema de Prefabricación y Montaje. No entendemos cómo las transportaron y montaron.



En el apogeo de **los egipcios**, prefabricaban columnas y frisos, en piedra, pero las Pirámides son muestras admirables de prefabricación y montaje. También es un misterio de cómo se transportaron y montaron. Son componentes grandes y muy pesados, previamente elaborados geoméricamente. Otro hito histórico de la prefabricación son **las construcciones griegas**, de templos. Las grandes columnas, gruesas y altas, hechas en materiales pétreos, tuvieron que hacerse por partes, que son visibles en las ruinas actuales. Son columnas más elaboradas, de una admirable geometría. Obviamente se prefabricaron abajo y luego se montaron, pieza por pieza, hasta conformar cada columna.

Estas columnas, a muy poca distancia, recibían arriba trozos de piedra labrada que formaban el friso. La pequeña distancia entre columnas, indica que la piedra tiene limitaciones para la flexión horizontal y limitaciones de peso para montaje.



En los siglos siguientes aparecen las **catedrales góticas**, construidas con muchos elementos prefabricados, muy elaborados. Y luego las **estructuras de acero**, destacando el Cristal Palace en Inglaterra. Estas estructuras de acero resultan muy esbeltas y visualmente lineales, por su gran resistencia. Es imposible no prefabricarlas, ni antes ni hoy. En la post guerra, **en los años 1960** se produce un desarrollo de paneles pesados de concreto armado usados para la reconstrucción europea, especialmente de viviendas repetitivas de varios pisos, con Francia a la cabeza. Simultáneamente se desarrollan esqueletos para galpones industriales y comerciales, con muchas fábricas, para componentes de acero y concreto armado, que pronto llegan a América Latina.

#### **A.4. ESTADO DEL ARTE (En Chile)**

##### **4.1. HISTORIA desde 1960**

- + La historia se remonta a la segunda parte de la década de 1960. Fui testigo de esto. Ahí comienza con fuerza el desarrollo tecnológico de innovación para Sistemas Prefabricados. Antes, se vendían casas prefabricadas de madera, que eran de muy bajo estándar, calidad e imagen, lo cual desprestigió la Prefabricación.
- + Ya en el **gobierno de Jorge Alessandri (1958 a 1964)**, se desarrolla un conjunto de viviendas experimentales, con muchas innovaciones tanto arquitectónicas, como de sistemas constructivos. Pero como muchos casos de experiencias Piloto, no trascendieron al mercado.
- + En el **gobierno de Frei Montalva (1964 a 1970)**, comienza este desarrollo, por iniciativa estatal. Llama a una Licitación Nacional Masiva, para Viviendas Industrializadas o Prefabricadas, a través de la CORVI (Corporación de la Vivienda), entidad del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, a nivel

nacional. Utilizó el sistema de Licitaciones Masivas, adjudicando simultáneamente a 10 o 12 equipos empresariales, muy importante para hoy en adelante.

(Se explica detalladamente en 1.2-D D.1 ).

+ Este desarrollo terminó al poco andar del **gobierno de Salvador Allende (1970 a 1973)** y definitivamente en el **gobierno de Augusto Pinochet (1973 a 1980)**, en que se pone término con un artículo de las Bases que decía: “las casas tienen que ser de ladrillo”. Se establece el Subsidio Habitacional, muy laureado en dos reuniones HABITAT de las Naciones Unidas.

#### 4.2. OTRAS EXPERIENCIAS

+ Sin embargo, hubo una experiencia privada de un sistema de paneles de hormigón armado, de unas 3 toneladas, que se llamaba CEDESCO, que no duró mucho y desapareció, aparentemente por razones económicas.

+ En el **gobierno de Salvador Allende** la Unión Soviética, le regaló al país, una fábrica de paneles de hormigón Armado llamada KPD. (Costo de la época: US \$ 4 millones) Consistía en paneles de muro y losas en una modulación de 3 x 3 m aprox. haciendo todos los muros estructurales, evitando toda remodelación o unión de recintos, con evidente exceso de material. Se instaló en El Belloto, barrio del Aeropuerto de Valparaíso, teniendo un radio de acción rentable estimado en unos 30 km, por lo pesado de sus componentes.

En el **gobierno de Augusto Pinochet**, se utilizó poco, quedando al mando de la Armada.

Aparte de los pequeños conjuntos en la Región, llegaron algunos componentes a Santiago, que se pueden apreciar en un cerro de Los Domínicos, en Macul frente al Pedagógico y en el sector de Portugal - Bilbao – Curicó.

Después se remató por piezas y máquinas. Nunca fue rentable.

#### 4.3. **ORIGEN DE LO QUE EXISTE HOY (2018)**

##### **+ En hormigón Armado**

+ Mientras tanto, se instalaban Fábricas Privadas de componentes de Hormigón armado en forma de Pilares, Vigas y losas, llegando a 3 pisos, empleados mayoritariamente en naves Industriales.

Las primeras Vigas Pretensadas, se hicieron al comenzar el Metro, en tiempos de Frei Montalva, desarrolladas por Oreste Depetris, con ayuda de Freisinet, el ingeniero francés creador del sistema. Y luego se aplicaron en varias industrias de Prefabricados existentes.

Con el crecimiento económico acelerado de los años siguientes, aumentaron las Industrias de Prefabricados, llegando algunas multinacionales. Todas produciendo esqueletos de Componentes de hormigón armado, y partes como componentes para Losas de Entrepiso de diversos tipos.

+ En 1984 nace Tensocret, industria con tecnología chilena, adaptando las tecnologías existentes. Con pequeña infraestructura, en relación a otras, lo que hasta hoy le permite más flexibilidad para adaptarse a las diferentes Obras. Destacamos en Tensocret, el uso actual de aisladores sísmicos, en convenio con Vulco y otros sistemas..

+ Hay unas pocas industrias del área del hormigón armado, que han desarrollado tecnologías chilenas sin comprar patentes extranjeras. Son los innovadores nacionales.

**Ese es el estado del arte de hoy 2018, en hormigón armado.** Industrias capaces de ofrecer la estructura Montada, de edificios industriales, de educación, de estacionamientos, estadios, escaleras, llegando incluso al sector habitacional recientemente, con innovación permanente, alcanzando algunas mayor altura, 8 a 9 pisos, en edificios para oficinas.

+ Mencionamos Baumax, la última fábrica instalada para producir paneles planos de hormigón

armado con tecnología alemana y producción robótica de impresora 3D (US\$ 44 millones).

### **+ En madera**

+ Simultáneamente se siguieron desarrollando emprendimientos privados en Madera, en el Sur: principalmente en Concepción y Temuco. Son zonas de plantaciones madereras.

+ La Madera, por su altísima producción, se ha complementado con la Exportación, lo que la ha llevado a incorporar mucha tecnología, llegando a productos que se nivelan con países del primer mundo.

Me refiero a Maderas aserradas, secado, eliminación de nudos, tulipas de madera fina, para enchapados y poco mas gruesas para placas Terciadas o Contraplacadas con varias capas y espesores, placas de madera prensada, admirables (Cholguán), de madera aglomerada, MDF (Medium Density Fiberboard) y lo último las placas OSB (Placas de fibra orientada), de tecnología de USA, las más avanzadas en innovación tecnológica, respondiendo a las más diversas funciones, destacando el uso del sistema de paneles SIP (Structural Insulated Panel) y las planchas tipo Smart Panel, para exteriores.

Destacan en Santiago las firmas Sabinco y Tecnotrus o Tecnofast, prefabricadores de lo que se llama Componentes Modulares, es decir, componentes espaciales, tridimensionales, que incluyen el montaje de paneles en fábrica, entregando construcción totalmente terminada y equipada, como son los casos de Campamentos Mineros a alturas tipo 4.000 metros.

+ Actualmente se está desarrollando fuertemente el uso del CLT (Contra Laminated Timber), contra laminados de mayor espesor: tipo 2" que sirven para muros y losas, apuntando hacia edificios de mayor altura. Se usan de 3, 5 y 7 capas de unos 40 mm, llegando a luces tipo 8 m en losas de entresijos. Tecnología en desarrollo. Está en construcción un prototipo de 6 pisos en Valparaíso.

### **+ En Acero**

+ En el Acero, hay una larga tradición nacional.

Se ha usado en construcciones mineras, con altas cargas y vibraciones. Igualmente en Obras Públicas, como puentes y otros, además de edificios industriales. Un buen ejemplo es el Aeródromo internacional de Pudahuel.

Existen múltiples Maestranzas para elaboración de piezas lineales listas para montar en los esqueletos estructurales, en casi todas las regiones.

Pero ha tenido poca aplicación en edificios de vivienda, oficinas, de salud y algo más en educación.

+ Por otro lado, un gran desarrollo de materiales de terminación: cubiertas preformadas y coloreadas, revestimientos murales, paneles aislados, para frigoríficos, que sirven para viviendas y equipamientos, etc.

De aquí sale el Metalcon de Cintac, que son piezas estructurales de acero galvanizado preformados, de muy bajo espesor: 0,85 y 0,5 mm Material muy usado en construcciones de hasta 3 pisos.

Hay también emprendedores privados para fabricar módulos espaciales, como los de madera, incluso para edificaciones en altura, pero aun no son masivos.

### **EN RESUMEN :**

**Hoy** existe un pequeño mercado de construcciones Prefabricadas o Industrializadas, en relación al total de la Edificación Nacional.

El Estado no ha mostrado mayor interés real en promoverlo ni aplicarlo, hasta que CORFO plantea el Programa Estratégico CONSTRUYE 2025, que ha hecho renacer las esperanzas para avanzar vigorosamente hacia la Industrialización de la Construcción a nivel país

## **A.5.- INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN EN CHILE**

El gran dilema es que la tendencia que viene de atrás, como se detalla en los próximos puntos, continúa hasta hoy (inicio 2020) en que el nombre de Industrialización lo relacionan con Industrias de Prefabricados, poniendo equivocadamente el FOCO en dichas industrias.

## **CAPÍTULO 1.-**

### **ANTECEDENTES PREVIOS**

## **B.- EL LEGADO del CPC**

### **Centro chileno de Productividad en la Construcción**

**El Gran APORTE desde 1965, vigente hasta el día de hoy.**

### **PALABRAS PREVIAS**

Es muy difícil entender cómo se puede perder la historia, y en una o dos generaciones se empieza de cero, inventando sin conocimiento previo, por personas e instituciones de prestigio (muy caras) que o inventan, o peor, copian de los países de primer mundo, realidades muy diferentes, método que nos lleva a perder independencia y poder de creación e innovación propia, en búsqueda de soluciones apropiadas a nuestra realidad y a nuestra identidad, con tecnologías blandas, al alcance de todos.

En este caso puedo transmitir la historia por mi larga edad, ya que trabajé en CPC desde el comienzo (1965) y con Reuben Donath, que llegó a Chile para elevar la Productividad de la Construcción, lo que planteó por la vía de la Industrialización. Pero sin prefabricados.

En esa tarea nos encontramos hoy (fines de 2019), por acción de CORFO 2025 (desde 2017), **buscando elevar la Productividad de la Construcción**, estancada hace más de 20 años, por la vía de la Industrialización.

El problema es que se pierde tiempo y mucho dinero en lo que mencionamos antes, buscar ejemplos extranjeros de países más avanzados, que nos muestran interesantes ejemplos de prefabricación, incluso en módulos espaciales, que acoplan en edificios de gran altura. Este problema nos ha llevado a perder el FOCO, que lo concentramos en los proveedores de prefabricados, que como se dijo son proveedores de materiales, muy importantes y aportantes, a las Constructoras, que después de recibir la Obra gruesa, les quedan muchas partidas por ejecutar. **Aun no se ha generalizado que el FOCO debe estar en las Constructoras y sus Obras de Construcción**, ya que en ellas se medirá la Productividad y no en las Industrias proveedoras de materiales (en este caso Estructuras Prefabricadas) que siempre están innovando y generando nuevos productos, cuyos índices de Productividad crecen. **Sin embargo hay optimismo**, porque algunos miembros del CCI han comenzado a entender estos planteamientos, especialmente donde debe estar el FOCO. Y además, han comenzado a difundir digitalmente mi Libro, 3ª Edición (es gratis) que detalla estos planteamientos.

Si pusieran el FOCO EN LAS CONSTRUCTORAS **Y SUS OBRAS**, comprenderían muchas cosas que vienen del CPC, de 1965, y de Reuben Donath:

- 1.- Que Industrializar las Constructoras es un problema Conceptual, un cambio de mentalidad
- 2.- Que se puede lograr sin ningún prefabricado, como lo aplicó Donath con excelentes resultados que se detallan a continuación.
- 3.- Que consistió en
  - 3.1 Racionalización extrema de los Proyectos (no había BIM ni dibujo digital). Aquí aplica la intervención temprana del equipo interdisciplinario de las Constructoras, propuesto por el CCI y que a mi juicio debe ser un equipo profesional permanente, muy integrado a la Constructora (Se explica más adelante).  
+ Y Luego, la **Industrialización**, mediante:
  - 3.2 Organización de las faenas en Producción Seriadada Repetitiva
  - 3.3 Especialización conceptual de las cuadrillas de Operarios, en partidas, que nunca cambien de actividad hasta el final de la Obra. Es permitir que los operarios aprendan por repetición, como en la Industria Manufacturera, llegando a especializarse en su partida, elevar sustantivamente sus rendimientos y por ende sus remuneraciones a tratos y además, permitir acortar plazos.

Los puntos 3.2 y 3.3 son la **base obligada de la Industrialización** de las **Constructoras y sus Obras**, **sin lo cuál No hay industrialización**

Estos puntos operan en 3 modalidades posibles de construcción:

- A. En sistema constructivo tradicional, sin prefabricados
- B. En obras con adquisición de prefabricados de la Industria
- C. Con Prefabricación propia de la Constructora dentro de sus Obras.

Esto explica el título de mi Libro: Industrialización sin Industria, Prefabricación sin Fábrica, la Industrialización y la Prefabricación, al alcance de todos, enfoque a las Constructoras PYMES (especialmente a las más pequeñas).

Porque **la Industrialización de las Constructoras es un asunto Conceptual**, **de Organización de las Obras**, según estos puntos 3.2 y 3.3 y los Prefabricados pueden no estar, pero igual significan un gran y deseable aporte. La Racionalización de los Proyectos es previa y nunca debe faltar, pero es Racionalización y no Industrialización. Esta permite adaptar tempranamente los Proyectos, para las alternativas escogidas en los puntos A, B o C. Es labor de todo el Equipo Interdisciplinario Profesional permanente de la Constructora, que incluye su alta dirección.

## B.1. INTRODUCCIÓN

El CPC fue formado por un grupo de profesionales de la Construcción, que detectaron el valor de las enseñanzas de REUBEN DONATH.

Ellos consiguieron que EL SERCOTEC DE CORFO, lo aportara como un experto de la OIT en elevar la Productividad de la Construcción.

El que lideró este proceso fue el ingeniero **Alfredo Jara Franzoy**, a quien le otorgo el título de ser: **el Padre de la Productividad en la Construcción en Chile.**

Alfredo Jara fue miembro del directorio del CPC hasta su término de giro (2005)

Desde 1968, que tuvo personería jurídica, tuvo principalmente dos Directores ejecutivos: Arq. Luis Bravo Heitmann, por 14 años y Arq. Oscar Zaccarelli Vender por otros 14 años.

## B.2 EL LEGADO

REUBEN DONATH planteó que los avances de Productividad de la Construcción se obtenían por múltiples acciones, que se podrían clasificar en: Racionalización (de Proyectos) e Industrialización. **DONATH, en CPC, planteó en 1965 y siguientes, que:**

**La elevación de la Productividad en la Construcción, sería por la vía de la Industrialización.**

Construye 2025 llega a a misma conclusión y tiene razón.

**CPC se adelantó poco más de 50 años al planteamiento actual de CORFO (2017).**

### B.2.1 ¿Cómo concebía Donath y CPC la Industrialización?

Como la Producción Seriado de Obras, más la especialización de las cuadrillas de operarios.

**1.- La Producción Seriado, Repetitiva y Rítmica**, sincronizando las partidas en un mismo Ritmo de avance. Sin Prefabricados.

**2.- La Especialización de la Mano de Obra, TRABAJANDO**, de modo que las cuadrillas de operarios nunca cambien de actividad y repitan su faena desde el principio al fin de la Obra.

Estos dos aspectos NUNCA deben separarse, ya que se complementan de modo de potenciar el aumento sustancial de la Productividad, tanto de la Constructora como de la Mano de Obra.

Dejamos constancia que antes viene la Racionalización (extrema) de los Proyectos, nunca debe faltar (Productividad en el Diseño).

**NOTA:** *Cuando vemos parte de un conjunto de casas con los muros terminados y sin techumbre. Nos indica que no tienen producción seriado de obras, porque su control nos indicaría que cada partida que se detiene (avanza el tiempo y no la producción), implica tiempos perdidos que se suman al plazo de la obra, ya que no se pueden ejecutar las partidas siguientes (casi todas las partidas habilitan a la siguiente). Pero también indica, que sus operarios no están trabajando en forma repetitiva en cuadrillas especializadas. Si así lo fuera, produciría una cantidad de operarios paralizados.*

*Lo que se ve es que cambian los operarios de actividad, tal vez permanentemente. Eso impide aumentar rendimientos (se logan por repetición) y exigen mano de obra calificada, sumamente escasa.*

**En las repeticiones, los operarios se capacitan TRABAJANDO**, en unos 30 días, aun si vienen de sectores diferentes a la construcción, necesitando solo uno que sepa de

*la partida. **Muy rápidamente llegan a la especialización en su partida, descubriendo la forma de aumentar el rendimiento.***

*Es también la causa de las **reducciones de plazos**, ya que las obras, las construyen los operarios, y si no elevan sus rendimientos, no hay menores plazos.*

*Los menores plazos los planifica la dirigencia, pero los ejecutan los operarios.*

Para lograr organizar las obras en Producción Seriadada, se requiere contar con UN SISTEMA DE PROGRAMACIÓN SERIADA DE AVANCE. Sabemos que se requieren varias programaciones más, pero todas derivadas del avance.

EL PROBLEMA DE CHILE HOY (diciembre 2019) es que se perdió el uso y conocimiento de esta Programación, que nos dejó Donath en Carta Gantt; y posteriormente el Ing. Ramón Undurrada Montes, la desarrolló en un Cuadro Vectorial que permite su fácil visualización, Control y reprogramación si es necesaria. Así nace la **PROGRAMACIÓN SERIADA VECTORIAL**. Es la que hoy debemos redescubrir y conformar para aplicarla en la Producción Seriadada de nuestras Obras.

**Es importante decir, que en la década previa a 1970, Donath estimó que Chile aun no estaba preparado para introducir Prefabricados.**

Es decir, la industrialización de la Construcción se hizo en aquellos años, solo racionalizando hasta el extremo los proyectos y aplicando la Producción Seriadada de Obras acompañada por la Especialización de las cuadrillas de operarios.

#### **REFLEXIÓN:**

*Esto demuestra que el FOCO de la Industrialización no está ni en los prefabricados ni en las industrias proveedoras de Prefabricados, aunque implican un enorme aporte.*

*EL FOCO está en industrializar las Constructora y **sus Obras**, donde se medirá la Productividad de la Construcción.*

*El estancamiento de la Productividad no está en las industrias proveedoras, sino en las Constructoras.*

*Y se resuelve aplicando los conceptos anteriormente expuestos, más la formación de los equipos interdisciplinarios permanentes, que producirán las innovaciones y potenciarán la gestión de la Constructora.*

## **B.3 ¿Cómo medir los resultados del CPC?**

Vamos a usar **dos hitos o ejemplos emblemáticos** (aunque hay muchos más).

Uno del tiempo del Director Ejecutivo Luis Bravo Heitmann, y el otro del tiempo de Oscar Zaccarelli Vender. 14 años cada uno.

### **B.3.1 ASESORÍA CPC A CORVI: EDIFICIOS 1010 Y 1020.**

Durante el período de Luis Bravo H. Se contrató una Asesoría para la CORVI: Corporación de la Vivienda, relativa a la construcción de los Colectivos 1010 y 1020.

+ Se inició por una **Racionalización** extrema de los diseños de los edificios. (Los proyectos los hacía la CORVI). Abarcaron los más variados aspectos. Recuerdo que el ing. Calculista era Juan Muggli Bermúdez y que optimizó el uso de las barras de 6 m que se vendían entonces, de modo de aprovechar al máximo y evitar desperdicios (hoy sería Economía Circular). Igualmente se desarrollaron las cañerías de agua y alcantarillado, evitando al máximo las uniones y los largos. Al

igual que las cañerías eléctricas y sus cables, distancias recorridas, etc.

+ Se continuó por la **Programación Seriada** de las Obras y las directrices para la Especialización de las Cuadrillas, aspectos que se incluyeron en las Bases de licitación, como obligatorias.

En esas condiciones se licitaron prácticamente en todo el país en forma multitudinaria. No hay otro tipo de edificios que se haya repetido tantas veces como estos dos.

**RESULTADO: Costo 40% menor que las licitaciones anteriores.**

Declarado por el Director del Departamento de Construcción de la CORVI; Arq. Isidoro Latt Arcavi.

### **B.3.2 PROYECTO CPC DE INVESTIGACIÓN FDI CORFO:**

**Industrialización de la vivienda Social y PMB.** (Plan Mejoramiento de Barrios)

Fue un concurso público que previa postulación se adjudicó al CPC, y a la vez a otras instituciones.

La publicación final de esta investigación, termina con variados e interesantes planteamientos.

Pero para efectos de evaluación, nos referiremos a la Obra que se investigó, que se ejecutó durante el proyecto, con Asesoría del CPC.

En esta Obra se aplicaron los conceptos de: Producción Seriada de Obras, Especialización de las cuadrillas de operarios y racionalización extrema del Proyecto oficial de la licitación. Además, la Constructora ejecutó sus propios Prefabricados. (Ver 1.4)

**RESULTADO: Aumento de la utilidad de la Empresa. De 8% calculado a 24% final.**

**Reducción del Plazo: 40%** (50% real si consideramos un mes sin entrega de terrenos)

De estos resultados, dejó constancia el dueño de la Empresa Constructora CABURGA, ing.

Fernando Cueto Dumont, socio de la Cámara de la Cámara Ch. de la Construcción.

Su testimonio está incluido en la versión final de la Investigación FDI y fue expresado por el mismo, en un Seminario en La C.Ch.C. de Valparaíso, donde se ejecutó la Obra (también disponible hoy y se incluye en este Libro en 4.1).

Debo dejar constancia de una situación excepcional: Las Bases incluían un artículo genial que permitía a los Contratistas, racionalizar el Proyecto Oficial, en orden a prefabricar o racionalizar. En ese rubro se redujeron los materiales en un 20% (son el 70 % del costo directo).

La obra se trataba de construir aprox. 700 Casetas Sanitarias en los cerros de Valparaíso, en dos localizaciones. La construcción debía realizarse en las casas de propietarios, todas separadas en radios de de 1 a 3 km y con pendientes extremas.

CABURGA llegó al CPC solicitando ayuda, porque su Constructora iba en brusco descenso:

Pérdidas de materiales por robos, mayores gastos de Mano de Obra, ampliaciones de plazos importantes.

La solución de CPC consistió en Prefabricar en un sitio central y dejar incorporados en obra los componentes. Montaje por cuadrillas especializadas (cada cuadrilla solo con su partida) y Producción Seriada Repetitiva de Obra, por Programación Vectorial, con Control quincenal.

Los operarios elevaron sus rendimientos por repetición de actividades y lograron ejecutar las obras en el 50% del plazo, que era de 12 meses.

Hubo una paralización de un mes, por falta de entrega de terrenos, que llevó al 40% de reducción de plazos.

Hay dos documentos muy interesantes: El Testimonio de Fernando Cueto y un estudio inédito: La influencia de la Industrialización en los obreros que la construyen. Ambos incluidos en el Libro.

En cuanto a la Programación Seriado de Obras, CPC hizo varios cursos. Asistían mandos medios y no lograron pasar los Beneficios a las dirigencias de las empresas. Nunca les creyeron. Así se perdió el conocimiento de la Programación Seriado de Obras, llegando a este momento, en que CORFO Construye 2025 reactiva la cruzada por la industrialización de la Construcción a nivel Nacional.

Pero el FDI CORFO de CPC, dejó importantes y profundos documentos, que servirán de base para nuestra investigación dirigida a Consolidar un Sistema de Programación Seriado, Repetitiva y Rítmica, de avance de Obras.

## B.4 LOS MÉTODOS Y LAS TECNOLOGÍAS BLANDAS

Es una técnica muy olvidada. Se refiere a la forma en que los obreros realizan las operaciones de cada partida.

### ANÉCDOTA A 1

*“Un recuerdo mío de **Reuben Donath**, asesor de CPC, invitado por SERCOTEC de CORFO, como experto de la OIT en Productividad de la Construcción:*

*Mostró una película del Instituto de Productividad de Israel, sobre la cosecha de algodón, clave en la economía israelita de esos años (antes de 1965). Por diversos motivos, Israel se vio en la necesidad imperiosa de duplicar la producción de algodón. Consultados los países líderes, todos plantearon que la solución era mecanizar con máquinas muy eficientes, de la época. Pero eso no le servía a Israel, por el alto costo inicial y de mantención, por el grado de impureza del algodón que entregaba y por la cesantía que se produciría. Le encargaron el estudio al Instituto de Productividad de Israel, donde se investigaron los Métodos de cosecha, cómo la Mano de Obra operaba, qué movimientos hacía, cómo llenaba sus bolsas de algodón, incluso qué dedos usaba para retorcer el copo de algodón y sacarlo, etc, etc. Y esto generó soluciones y entrenamiento de métodos más eficientes.*

**RESULTADO: Logró más que duplicar la cosecha, con un algodón sin impurezas (del más alto precio), ocupando su Mano de Obra y sin la sangría de divisas ni la dependencia de otras naciones”.**

### CONCLUSION:

**En materia de Métodos, estamos en pañales.** Los obreros traen sus métodos y sus mañas y se ha hecho muy difícil cambiárselos. Y no hay estudios serios y constantes, para mejorar Métodos y eso retarda la elevación de la Productividad de la Mano de Obra. Sin embargo, en faenas de Producción Seriado, ha sido posible mejorar en muchos aspectos y encausar la Mano de Obra “industrial” (inicialmente no especializada) para que en producción repetitiva se logre este progreso.

Pero hay otras técnicas administrativas en la construcción, como el “Lean Construction” y el “Last Planner”. Se refieren a métodos empresariales de Planificación, orientados a optimizar relaciones entre partidas y especialidades y sus secuencias. También están siendo muy útiles para mejorar la administración de proyectos y elevación de la Productividad. Sin embargo, no llegan a producir una Programación de Avance completa, ni menos como Producción Seriado de la Obra, ni tampoco especializar sus Operarios en faenas repetitivas.

## OTRA CONCLUSIÓN:

La Anécdota inicial A 1 produce una reflexión:

¿Cómo con Mano de Obra bien entrenada se puede superar a las máquinas especiales y concebidas en todo el mundo desarrollado como la mejor solución?

+ Es el valor de las Tecnologías Blandas = Más ingenio profesional y menos máquinas o capital.

+ Y de paso mantener y mejorar los empleos. ¿No es hacer Más con Menos?

+ Además se evita la fuga de capitales, la dependencia y lo que es más importante, no perder la oportunidad de aumentar la Innovación Nacional.

## ANÉCDOTA A 2

*“Que confirma este camino. Por los años 1970 andaba en Brasil y me tocó un Congreso de Arquitectos en CURITIBA. El Alcalde: Arq. Jaime Lerner, tuvo el problema de transportar a 2 millones de personas, de acuerdo al crecimiento demográfico. Consultados todos los países líderes, dieron como única solución el Metro. Pero no era posible por su altísimo costo y porque las técnicas de entonces solo contemplaban a tajo abierto. Esto complicaba más, porque los terrenos finos obligaban a pendientes laterales que ampliaban la excavación.*

*Le dio la tarea de resolver el problema al Instituto de Innovación que había creado (previo prohibir los ingenieros del tránsito). Este equipo interdisciplinario solucionó la demanda de transporte con un sistema de “Metro en superficie”, con buses especiales, para los cuales destinó calles exclusivas.*

**RESULTADO:** *Con un costo de 1/100 del valor del Metro, superó el número de pasajeros hora. Ejecutó toda la red de “Metros” de la ciudad en pocos meses. Diseñó minibuses especiales para la conexión entre terminales del Metro y la periferia (de lujo y con aire acondicionado (1970)), reduciendo los automóviles y aumentando el transporte público para sectores medios. Aseguró impedir la evasión, al diseñar y construir compactas estaciones de entrada y pago como los Metros tradicionales, ordenando y controlando en ellas la entrada y salida.*

*Jaime Lerner pasó con esto al Jet Set mundial y ha sido por mucho tiempo, Alcalde de Curitiba, considerada hasta hoy como una de las principales ciudades ecológicas del mundo”.*

### B.4.1 REFLEXIÓN: SOBRE TECNOLOGÍAS BLANDAS.

Se habla que la tendencia mundial es la robotización. ¿Qué significa para la Construcción?

+ Que puede haber mayor eficiencia productiva, especialmente en industrias de prefabricados, pero que lentamente está llegando a las obras.

+ Que son tecnologías foráneas, que implican fugas de capitales, amortizaciones mensuales (sin disculpas), que generan dependencia a muy largo plazo, que **inhiben la innovación nacional** y que implican cesantía (más allá de las justificaciones escuchadas). Se empieza a perder el equilibrio entre inversión nacional y empleo (hoy las cifras lo señalan). Sin embargo, elevan la Productividad sectorial, por un discutible sistema mundial de cálculo de este índice. (Ver 1.1-A A.3. del Libro)

+ Es una dependencia mayúscula, ya que los softwares y hardwares computacionales se suman a la robotización de la producción industrial.

+ Se ha convertido en una “moda” y todos bailan a su compás, sin pensar en: 1. Las consecuencias y 2. Qué otras alternativas tenemos, especialmente caminos de innovación y desarrollo nacional.

+ Si Israel y Curitiba lo lograron, siendo solo dos ejemplos y deben haber muchos más:

Si ellos pueden ¿por qué no nosotros? Yo creo en Chile y los chilenos y sus destacadas participaciones, demostradas en muchos campos y en muchas oportunidades.

+ **Menos máquinas (solo las indispensables) Más aprovechar el ingenio Profesional y su capacidad de innovación. Menos dependencia y fuga de capitales, defendiendo y mejorando los empleos. Siempre es HACER MÁS CON MENOS (= PRODUCTIVIDAD).**

+ Esta ha sido una de las bases conceptuales de todas las realizaciones de nuestro equipo profesional, en poco más del millón de m2 proyectados y construidos, con Prefabricación, y más de 2 millones de m2 construidos con Programación Seriada con la innovación del cuadro Vectorial, desarrollado por el ing. Ramón Undurraga Montes, presidente del CPC por muchos años.

Y se lo debemos a la formación que nos entregó el Ing. Reuben Donath, por los años 1965, con el cual tuvimos el privilegio de trabajar, de formar y seguir creando e innovando en estos desafíos.

## **B.5 REFLEXIÓN FINAL:**

**CPC (Desde 1965) deja establecido que:**

### **1. EL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN ES POR LA VÍA DE LA INDUSTRIALIZACIÓN**

#### **2. La Industrialización de las CONSTRUCTORAS y de sus Obras es un asunto Conceptual**

+ que consiste en dos aspectos juntos e inseparables:

**2.1 Organizar las Obras en Producción Seriada y Repetitiva**

**2.2 Especializar las cuadrillas de Operarios en partidas y que nunca cambien de actividad, hasta terminar la Obra.**

#### **3. La Racionalización de Proyectos es previa y nunca debe faltar y debe ser ejecutada por el Equipo Interdisciplinario Permanente en cada Constructora u Obra de Construcción.**

ESTE LEGADO DE CPC, no debe perderse. Tiene muchos desarrollos que hoy estamos reinventando a partir de cero, y bastante desorientados. Los planteamiento de CPC significan:

+ Dejar atrás la Mano de Obra artesanal y convertirla en Mano de Obra industrial.

+ Cambiar la capacitación por oficios (gran gasto), por capacitación y especialización por actividades repetitivas, **TRABAJANDO**, y generando PIB.

## **C.- CONCLUSIÓN ALARMANTE** (De la segunda edición 28 junio 2019).

### **Hoy en Chile no existe Producción Seriadoa en las Obras de Construcción.**

Como es la primera Premisa de la Industrialización, se puede decir que **en Chile todavía no hay Industrialización en la Construcción, en las Constructoras y en sus Obras.**

Los enfoques de Construye 2025 y el CCI están sobre las Industrias Productoras de Prefabricados.

SON PROVEEDORES DE MATERIALES, como muchos otros: todos muy útiles.

**C.1.-** La medición del grado de industrialización, deberá ser en las **CONSTRUCTORAS y sus Obras** Son el **SUJETO**.

**C.2.-** Estas no se industrializan comprando prefabricados. Ya compran muchos materiales prefabricados, como placas de madera, de yeso cartón, ventanas, puertas, cerchas, etc.

**C.3.-** La Industrialización de las Constructoras pasa por un cambio de mentalidad (Industrialización Conceptual), PERO EN SUS OBRAS, AL ORGANIZARLAS EN PRODUCCIÓN SERIADA, REPETITIVA.

**C.4.-** Esta forma de PRODUCCIÓN SERIADA, es la que eleva sustancialmente la Productividad de los Operarios, **que al producir en serie, sin cambiar de partida en toda la obra, se capacitan TRABAJANDO**, elevan sustancialmente sus rendimientos y remuneraciones. Esto solo se obtiene gracias al LA PRODUCCIÓN SERIADA de Obras.

**C.5.- EL MAYOR DÉFICIT ACTUAL para la Industrialización de la Construcción, es el desconocimiento y la inexistencia de SISTEMAS DE PROGRAMACIÓN SERIADA Y RÍTMICA PARA LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.**

Sin eso, no se inicia la Industrialización de la Construcción

La falta de eso, implica mínimo o nulo avance en Productividad Laboral y en Reducción de Plazos. Implica que las **COONSTRUCTORAS** no cambian su manera de pensar, de una construcción artesanal, a la construcción industrializada.

La Industrialización de las Constructoras, pasa por organizar sus largas Obras en Producción Seriadoa y Repetitiva, aunque no haya ni un Prefabricado.

No basta comprar estructuras Prefabricadas. Son un material más, que alcanza hasta un 20% **promedio**. Aun queda una Obra entera para construir, que debe ejecutarse en PRODUCCIÓN SERIADA, para obtienen todos los Beneficios que detallamos en este libro.

# CAPÍTULO 1.-

## PLANTEAMIENTO Y CLARIFICACIÓN CONCEPTUAL

### 1.1.- HOY EN CHILE (2018 y 2019)

Es escasa la mano de obra calificada y son bajos sus rendimientos, ellos elaboran todas las materias primas del producto construcción en la obra, a la intemperie, a pleno sol o con un frío insoportable, corrientes de aire, etc. es decir, en la peor condición ambiental y de seguridad y además con herramientas propias, poco adecuadas y en constantes cambios de actividad de los Operarios.

La sustentabilidad también resulta insuficiente en los aspectos ambientales, por alta producción de polvo y residuos, ruidos, emisiones y largos plazos de duración de las obras. Todo esto conlleva una insuficiente Productividad general, que hace menos competitiva la actividad de la Construcción nacional. Sin duda que hay una Urgencia para salir de esto, ya que nos tiene estancados por más de 20 años, lo que significa aumentar la brecha con la OCDE.

Estimamos **inconcebible** que las inmensas masas que constituyen los edificios (comparados con productos industriales, como lámparas, computadores, mobiliario, automóviles, etc.) sean construidos tradicionalmente, lo que significa que se elaboran los materiales en la obra, en forma primitiva y por el personal menos calificado de la sociedad.

#### 1.1-A. APARECE UNA “EXPLOSIÓN VIRTUOSA” (desde 2017)

De intereses por la Industrialización y la Prefabricación, liderados por **CORFO** (Corporación de Fomento de la Producción) del Ministerio de Economía: el Programa Estratégico CONSTRUYE 2025, No es un programa de gobierno, es un Programa de Estado, que pasa por varios gobiernos.

### A.1.- **CORFO**: CONCEPTOS Y PROPOSICIONES PARA LÍNEAS DE ACCIÓN DIAGNÓSTICO DEL **PROGRAMA ESTRATÉGICO CHILE CONSTRUYE 2025**

+ *“Un sector relevante de la economía global es la Construcción. En Chile representa el 7,8% del PIB; el 8,4% del empleo; y cuenta con unas 300.000 empresas (CCHC, 2014), que en un 90% son PYMEs.*

+ *Asimismo, aporta el 55% de la inversión total del país, de este porcentaje un tercio corresponde a edificaciones de carácter comercial, público y residencial, lo que equivale a una inversión cercana a los US\$ 10.000 millones al año.*

+ *Su baja productividad ha encarecido las edificaciones, afectando negativamente la economía y el desarrollo social, toda vez que la vivienda es el patrimonio familiar transferible de generación en generación.*

+ *Esto se debe mayoritariamente a la fallas de coordinación y planificación, a la baja estandarización y prefabricación industrializada, así como a la escasa preparación de capital humano. En términos comparados, la productividad (laboral) promedio de Chile medida en m<sup>2</sup>/trabajador, es la mitad respecto de Estados Unidos.*

+ Otro desafío relevante para el sector, considerando el “ciclo de vida” completo de las edificaciones, es el alto consumo de energía y las altas emisiones del CO<sub>2</sub>eq. En Chile, el consumo de energía por m<sup>2</sup> de nuestras edificaciones es casi tres veces más que los países desarrollados.

+ Si se considera que el 80% del costo total de una edificación corresponde a las etapas de operación y cierre, existe un enorme potencial de ahorro energético y aumento de confort si se adoptan y desarrollan tecnologías sustentables”.

## **A.2.- ¿QUÉ DETECTA CORFO, PARA PLANTEAR EL PROGRAMA ESTRATÉGICO CONSTRUYE 2025?**

### DATOS DUROS: ESTANCAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

+ Que la Construcción Nacional está estancada en Productividad Laboral desde hace más de 20 años (Datos de 1996 a 2016: CLAPES UC). Mientras la Productividad de toda la economía Nacional ha aumentado en promedio de 1,1% anual.

+ Y que si la Construcción hubiera igualado su Productividad a la economía nacional, el crecimiento se habría incrementado en 1,5 % cada año. ¿Se dan cuenta de su importancia? Que cuando crecimos al 3% habríamos llegado al 4,5%. Y Cuando crecimos al 4% llegaríamos al 5,5%. Por eso el Ministerio de Economía, a través de CORFO encendió la alarma y presentó el Programa **Estratégico Construye 2025**. Además, la comparación con el mismo sector Construcción de la OCDE, resulta que estamos al 40% de sus índices, y la brecha se aumenta permanentemente. Por eso el Programa 2025 es URGENTE y llama al **GRAN OBJETIVO de elevar la PRODUCTIVIDAD, por la vía de la INDUSTRIALIZACIÓN DE LAS CONSTRUCTORAS Y SUS OBRAS, A NIVEL PAÍS.**

+ **Lo que no entendemos** es la falta de coordinación de los diferentes Ministerios. ¿Cómo no han tomado esta bandera, los Ministerios más importantes en la Construcción, como Vivienda y Obras Públicas? ¿Cómo el Ministerio de Economía no ha sido capaz de impregnar este Programa de Estado, a todos los Ministerios que construyen? ¿Cómo no hay un impulso del Ministerio de Hacienda y de la Presidencia de la República?

Tampoco vemos tomar esta bandera, en acciones prioritarias a la Cámara Chilena de la Construcción, a las Universidades y sus Acreditadores, en la formación de las distintas carreras que inciden en la Construcción, al igual que los Colegios Profesionales pertinentes. No entendemos por qué no advierten la OPORTUNIDAD de llevar la Construcción a un histórico liderazgo que aporte un importante impulso al crecimiento Nacional; tanto del Gobierno, como de los actores del rubro.

+ **Lo que Sí entendemos** es que con este ritmo, el avance puede ser muy, pero muy lento, y mientras tanto, la OCDE aumentaría la Brecha actual, en vez de reducirla y nuestro crecimiento tendrá que esperar para recuperar esta pérdida. ¿Cómo podemos ser tan indiferentes?

**A.3.- LA MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD**, sea sectorial o nacional o internacional, en mi modesta opinión, es demasiado básica y a veces contradictoria. Se mide por la Productividad Laboral y se calcula dividiendo el PIB, por la cantidad de personas para producirlo. Y se establece el valor en US\$ del aporte de persona promedio para haber logrado ese PIB (Valor Agregado). Y esto sirve para comparar, con otros sectores nacionales e internacionales (Estudio CLAPES UC).

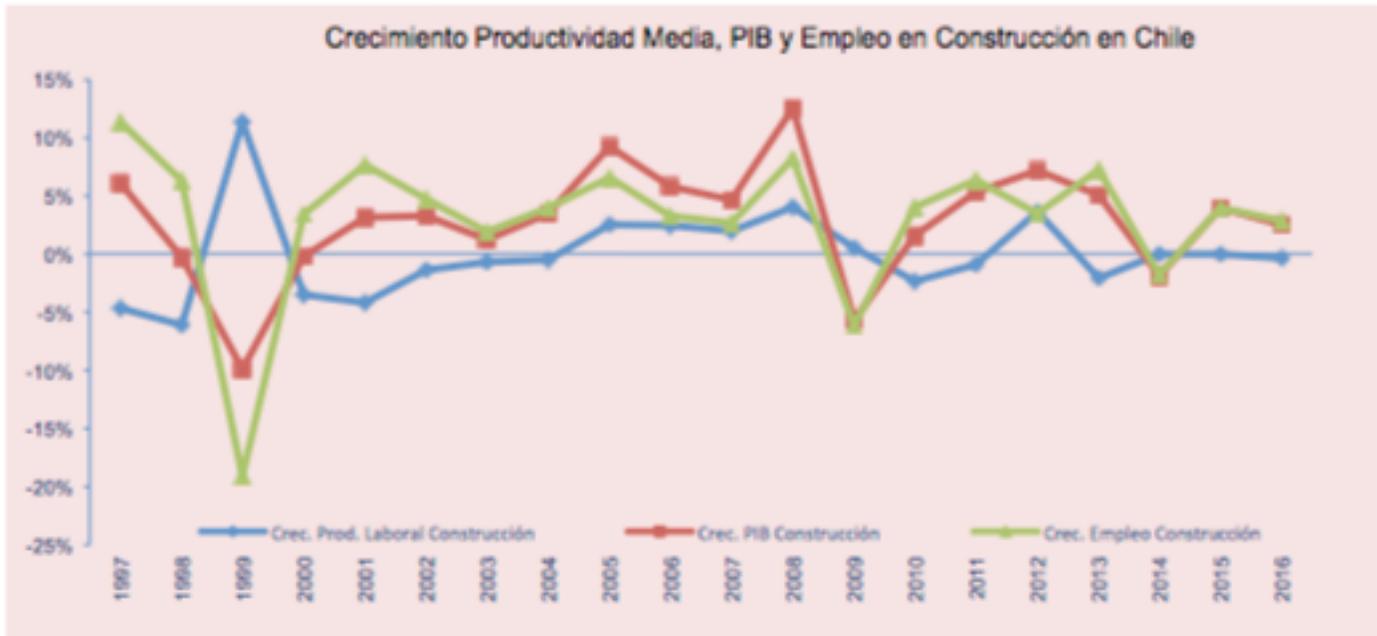
Esto contrasta con mi visión y definiciones de la Productividad, tomada del CPC (Centro Chileno de Productividad en la Construcción):

Definiciones:

$$P = \frac{\text{RESULTADOS (PIB)}}{\text{RECURSOS (Costos)}} = \frac{\text{Hacer MÁS}}{\text{Con MENOS}} = \text{EFICIENCIA} = \frac{\text{m}^2}{\text{Hombres día}}$$

El sistema habitual, lo mide así:

$$P = \frac{\text{PRODUCCIÓN}}{\text{RECURSOS HUMANOS}} = \frac{\text{PIB (Valor Agregado)}}{\text{Cantidad de Ocupados}}$$



**Figura 9. Crecimiento productividad media laboral, PIB y empleo en la industria de la construcción de Chile**

**Fuente: Elaboración propia con datos OCDE (2017) e INE (2017a)**

(CLAPES UC):

La Figura 9 indica increíblemente que cuando aumenta la cesantía, aumenta la Productividad Laboral. En efecto hay menos empleados, lo que eleva la Productividad. Y cuando aumente el empleo, baja la Productividad. ¿Es esto positivo?

Si como plantea CORFO, la cantidad de m<sup>2</sup> por trabajador en USA es el doble que en Chile, ¿Se deberá a que los operarios están más mecanizados? Igual significa que para un mismo PIB se reduce al 50% el empleo.

¿Podría ser que si robotizamos la construcción, reduciendo la cantidad de personas, se eleve la Productividad?

**¿Y la cesantía, no cuenta?**

¿Y cómo medimos los aumentos de rendimientos y remuneraciones debidos a la Producción Seriada de obras y por la Industrialización = Productividad Laboral = Un aspecto de la Sustentabilidad (Social) ¿Y cómo medir el trabajo Profesional, en equipo con la Constructora, su avance en innovación y la producción de EFICIENCIA en las Empresas?

Es evidente que **la Productividad, al igual que la Industrialización, pasa por las CONSTRUCTORAS.** Ellas son indudablemente **el SUJETO.** Entonces ¿Cómo no medir la Productividad total de las Constructoras (PTF), su capitalización, sus resultados y su desglose?

En cuanto a la Productividad del aporte humano, estimo que se debe separar el sector Profesional o Dirigente, del sector de los Operarios. Sus responsabilidades y sus aportes son diferentes. ¿Pueden ir en el mismo saco? Destacamos que nuestros planteamientos, detallados más adelante, consideran estas mejoras para las Constructoras, los Profesionales y los Operarios. Sin embargo, dejamos a expertos, el perfeccionamiento de los sistemas de medición.

#### **A.4.- LA SUSTENTABILIDAD**

También está en los índices de atraso de la construcción, evaluados por el Programa Construye 2025. Baste recordar que la Sustentabilidad es un concepto muy amplio, que incluye muchos aspectos. Empieza por la Sustentabilidad Ambiental, pero contiene además, la Sustentabilidad Económica y Social, principalmente.

**En estos planteamientos, consideramos sólo la mayor Sustentabilidad Ambiental, que aporta la Prefabricación, en forma inherente, en el proceso de Construir:** Las reducciones de ruido, polvo, escombros y residuos, el menor consumo de materiales y la reducción del tiempo de construcción. Hay conciencia de que faltan muchos aspectos de la Sustentabilidad Ambiental internos de los Edificios, como su habitabilidad, la aislación de la envolvente, la eficiencia energética, el uso del agua y varios otros puntos que hemos dejado fuera del tema tratado, que deberá ser cubierto y coordinado por el Arquitecto y el Equipo Interdisciplinario, en la concepción total del Proyecto. Sin embargo, aparecen desarrollados varios acápites de Sustentabilidad Económica, Social y Laboral.

#### **A.5.- PLANTEAMIENTOS DE SOLUCIÓN de CORFO** (Resumen O.Z. 2018)

+ El Programa Estratégico Construye 2025 establece 15 líneas de acción. La mayoría tienen efectos puntuales, siendo muy interesantes e importantes.

+ La tercera línea es: “LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN”. Es una de las que tienen efectos más globales, que implican **el GRAN OBJETIVO:** La Industrialización de **las Constructoras, a nivel Nacional.**

Esto nos interesa especialmente, con todos sus componentes puntuales (las otras 14 líneas de acción), pero respecto del GRAN OBJETIVO, de lograrlo **a nivel País.** ¿Quién asume ese nivel? ¿Cómo despejar intereses particulares puntuales y no globales, para centrarnos en el Gran Objetivo?

+ Para estos efectos se crea el CCI (Consejo de Construcción Industrializada) en el que participan personas y representantes de entidades Públicas, Privadas y Universitarias, logrando inscribir unos 50 miembros participantes (desde 2017) y que lentamente esperamos que crecerá. Es importante ver a **los 3 sectores, unidos** en un mismo desafío, en una institución, aun no coordinadas.

+ Nos alegramos de que en esta época haya entrado el Estado a través de CORFO, a tratar de aumentar el desarrollo de la Industrialización en **las Constructoras y sus Obras,** a nivel Nacional, como medio para elevar la Productividad y Sustentabilidad de la Construcción, en orden a reducir la brecha con los países de la OCDE. Igualmente nos alegramos de poder participar y contribuir con nuestra visión, larga experiencia y planteamientos, a esta cruzada.

## 1.2. EL GRAN OBJETIVO:

### LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LAS CONSTRUCTORAS Y SUS OBRAS, A NIVEL NACIONAL

El objetivo mayor, al que aspiramos, es elevar la Productividad la Sustentabilidad y la Competitividad, por la vía de la Industrialización de la Construcción, a nivel Nacional.

#### 1.2-A. PARA AVANZAR HACIA LA INDUSTRIALIZACIÓN NACIONAL DE LAS CONSTRUCTORAS Y SUS OBRAS

Se necesitan cambios profundos en el nivel Dirigencial, en los planes estratégicos de las empresas Constructoras, universidades, actores del Estado, etc.

Las empresas proveedoras de materiales, incluso los Prefabricados, están en una línea industrial, funcionan dentro de los conceptos de la industria manufacturera, conceptos generales de industrialización, más avanzados que la Construcción. Esto lo demuestran con permanente innovación y generación de nuevos productos y mejoramiento de los anteriores.

El problema está en los actores que ejecutan la Construcción, Constructoras y Profesionales.

¿CÓMO ENFOCAR A ESTOS ACTORES HACIA LA INDUSTRIALIZACIÓN Y LA INNOVACIÓN?

¿Cuáles son los cambios de paradigmas necesarios? ROL DE LOS DIRIGENTES.

#### 1.2-B. LA INDUSTRIALIZACIÓN CONCEPTUAL en las CONSTRUCTORAS

La Prefabricación es asunto de Producción, es una ayuda eficiente para producir valor.

La INDUSTRIALIZACIÓN de las Constructoras es un asunto Conceptual.

No se dará, sin cambiar la manera de pensar. Pasar a pensar en conceptos de Industrialización.

**Entender** cómo funciona en términos generales, la industria manufacturera y cómo aplicarla a la Construcción:

+ **Producción en Serie, Repetitiva.** Sin Producción en Serie no habrá Industrialización.

+ Especialización y Capacitación de la mano de obra, **TRABAJANDO**, por repetición de una actividad.

+ Permanente investigación innovativa, mejorando y creando productos y procesos.

**La Industrialización NO consiste en llenar de industrias de Prefabricados, si bien es una gran ayuda.**

Consiste en que las CONSTRUCTORAS asuman este desafío, empezando por cambiar de paradigma y adoptar los aspectos principales que se detallan en este punto y los próximos. **No olvidar que el enfoque es hacia las CONSTRUCTORAS Y SUS OBRAS**, ya que en ellas se medirá el aumento de Productividad, porque ellas son las que finalmente producen valor y por la forma en que lo producen.

#### 1.2-C. PROPONEMOS TRES FORMAS GRADUALES DE INDUSTRIALIZAR

Hemos estimado **tres modalidades** que se podrían aplicar en forma gradual o independiente.

##### C.1.- PRIMER PASO: (Para Sistema constructivo Tradicional, Sin Prefabricados):

+ Organizar la obra en producción seriada, repetitiva.

+ Especializar las cuadrillas en una sola partida repetitiva sin cambiar de actividad

¿Cómo se expresa en una Constructora? En el Sistema Tradicional sin Prefabricados:

+ Primer Cambio indispensable: Dejar de pensar en construcción por mano de obra artesanal y pasar a **concebir la mano de obra industrial**, la cual se capacita **TRABAJANDO**, por repetición de

**actividades.** Es la especialización de la Mano de Obra, que causa elevación de rendimientos, de remuneraciones y reducción de plazos. Para lograr eso, combinar con el punto siguiente:

+ Organizar las obras, en **producción seriada, repetitiva**. Es un problema de Programación de las Obras. Es difícil encontrar hoy sistemas de Programación Seriada. Pero existen experiencias de más de 2 millones de m<sup>2</sup> y bases teóricas disponibles para investigar a fondo este tema, para dejarlo al alcance de todos. Y para utilización por las Constructoras, que pueden aplicarlo en forma básica hoy mismo (en obras en que sean posibles las repeticiones).

+ **La Producción Seriada es la principal característica de la Industrialización.**

Podemos decir que si solo programamos en serie, ya constituye industrialización.

Aún con sistema constructivo tradicional, sin prefabricados.

+ Si logramos esto, ya podemos convertir la mano de obra artesanal, en industrial, sometiéndola a producir en serie y en forma repetitiva. Esto se expresa en que cada cuadrilla, ejecuta solo una partida durante toda la obra, **nunca cambian de actividad**. Es una forma de especializar.

+ No olvidar que apuntamos a la Industrialización a nivel nacional.

### **Beneficios del primer paso:**

+ Entramos en la industrialización, por su premisa más importante: Hemos pensado y aplicado la producción seriada de obras.

+ Convertimos la mano de obra, de artesanal a industrial. La capacitamos trabajando en faenas repetitivas,

+ Especializamos la mano de obra, primero conceptualmente, al destinarlos a una sola partida repetitiva y se expresa en realidad, cuando eso se ejecute en la obra.

Mejoran sus rendimientos y por ende su remuneraciones = Productividad Laboral.

+ Posibilita reducir plazos de obra, si se sigue rigurosamente la programación seriada.

+ Reducción de costos, por Racionalización de Proyectos y menores plazos.

+ Menor contaminación en el terreno de la obra, por menores desperdicios de materiales y menor tiempo de obra = menos polvo, escombros, ruidos y emisiones = Sustentabilidad Ambiental.

### **C.2.- SEGUNDO PASO: + ( Introducir Prefabricados adquiridos a las industrias).**

**Se mantiene la producción seriada de la Obra y la especialización de las cuadrillas de operarios.**

+ Si hemos logrado el primer paso, que entre otras cosas incluye pensar en términos de industrialización y habiendo experimentado los beneficios de la producción seriada; va a ser natural pensar en incluir los primeros prefabricados.

+ Pero además, no podemos perder de vista la industrialización nacional, debemos ir más allá de solo comprar prefabricados, siempre es necesario incorporar todo lo expresado en el Primer paso.

+ Sumando la compra de prefabricados y la organización seriada de la obra, ya hemos dado el Segundo paso.

### **Beneficios del segundo paso:**

+ Ya hemos sumado 2 pasos. Hemos penetrado más en la industrialización.

+ Hemos mantenido la organización seriada de la producción de las Obras y la especialización de las cuadrillas de Operarios.

+ Logramos convertir **conceptualmente** la construcción por mano de obra, en construcción por montaje, de componentes más terminados, de construcción seca, **al menos en la obra estructural**.

+ La reducción de plazos es mayor, con su consecuente menor costo y mayor reducción de ruidos, polvo, escombros y emisiones.

+ La mano de obra aumenta otro tanto su productividad y sus remuneraciones. Esto se explica porque las cuadrillas, que están a trato, y que se presupuestaron para rendimientos habituales según tablas reconocidas, fueron capaces de ejecutar la obra en menor plazo, por la elevación de sus rendimientos. Esto es posible gracias a la producción seriada y a la especialización de la mano de obra, repitiendo una sola partida, sin cambiar nunca de actividad (en cada obra).

+ La Constructora logra menores costos, más utilidad y adquiere mayor competitividad futura

= Productividad de las Constructoras.

### **C.3.- TERCER PASO: + (La Constructora produce sus propios Prefabricados).**

**Siempre, manteniendo la Producción Seriada de las Obras y la especialización de los operarios.**

Se hace presente que esta modalidad es apropiada para obras **de pequeña altura**, ya que en obras mayores podría convenir el Paso 2. Pero también pueden ser mixtas, con grandes Prefabricados adquiridos y fabricación propia de Prefabricados más pequeños. Todo depende de la particularidad de cada obra. (Ver Stadio Italiano en Cap. 3, Obra Emblemática que corresponde totalmente al Tercer Paso)

+ También es un proceso natural, para quienes han elegido estos caminos que avanzan progresivamente, logrando así la totalidad de los beneficios del sistema.

+ Lo provoca la dificultad de obtener prefabricados industriales que calcen con algunos proyectos, todos diferentes. Esto llama a inventar sus propios Prefabricados, especiales para cada obra.

+ Es en este caso, en que el desarrollo profesional y la innovación son máximos.

+ Se forma el "equipo **profesional interdisciplinario**" que incluye al menos, los directivos de la Constructora, sus profesionales de obra, (más sus capataces), los de arquitectura, de cálculo estructural, proyectistas y ejecutores de instalaciones y otros que sean necesarios, según cada caso. Equipo mínimo: profesionales de la empresa constructora, para iniciar un proyecto: **directivos de la empresa, arquitecto y calculista.**

+ La labor de este equipo, es proyectar la obra coordinadamente con sus prefabricados, especiales para esa ocasión. Es una labor de innovación interdisciplinaria, que incluye calzar y coordinar dimensionalmente un proyecto, racionalizarlo al extremo: eliminando la "grasa" dejando solo lo indispensable; verificar sus costos, programar en forma seriada su ejecución, disponer los talleres de prefabricación (muy sencillos) en los costados de la obra, sus herramientas y sus moldes, mesas o atriles o elementos de apoyo de su producción, para su máxima eficiencia, costeados por la empresa.

+ También incluye la "Amortización Cero" (labor de la empresa), hacer que todos los costos de infraestructura de prefabricación, salgan de otra manera de usar las platas de las obras tradicionales, de modo que al terminar la obra, no haya deuda. Esto significa que en la próxima obra, se puede cambiar todo, porque moldes y otros están amortizados, da la libertad de un mejoramiento continuo. Y si se llega a componentes de eficiencia máxima y se pueden repetir, habrá un ahorro en parte de la infraestructura de prefabricación, que podrá pasar a utilidad, o a precio = competitividad.

+ No olvidar que apuntamos a la Industrialización a nivel nacional.

### **Beneficios del tercer paso:**

+ Siempre manteniendo la producción seriada de las Obras y la especialización de las cuadrillas.

+ Hemos sumado el primero y tercer paso, dejando de lado el segundo **paso (aunque no siempre)**.

+ Hemos entrado en la prefabricación propia de la Empresa, que le da libertad, y que puede adaptar totalmente sus proyectos y la prefabricación, a las siempre diferentes obras, aplicando la amortización cero.

+ Se ha logrado la máxima racionalización de proyectos, incluidos los prefabricados, que van más allá de la obra gruesa e incluyen partes interiores, con algunas instalaciones y terminaciones.

+ Esto que es fruto del trabajo interdisciplinario del “equipo **interdisciplinario**” en que todos aportan su parte y por hacerlo colectivamente en forma presencial, logran:

+ Reducción de costos por menor insumo de materiales y mano de obra y gastos generales; por mayor y máxima reducción de plazos.

+ Mayores rendimientos de la mano de obra, al producir en serie, tanto en talleres de prefabricación, como en el montaje (que es la obra), siendo capaces de ejecutar sus partidas hasta en un 50% del plazo del mandante (He sido testigo de llegar a un 60% del plazo).

+ Mayor reducción que en los casos anteriores, de residuos y emisiones al entorno de la obra (Acercamiento a la Economía Circular).

+ Máximo desarrollo profesional, en innovación permanente y en trabajo colaborativo interdisciplinario presencial (Evita el desmembramiento de servicios profesionales).

+ Si estos tres pasos se aplicaran masivamente,  
sería un salto, un gran avance,  
hacia la Industrialización de **las Constructoras** a nivel Nacional.  
ESE ES EL DESAFÍO QUE TENEMOS HOY, AL INICIO DEL 2020.

#### **C.4.- CONCLUSIONES:**

### ***LAS PREMISAS ESENCIALES***

#### AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD POR VÍA DE INDUSTRIALIZACIÓN

FOCO: PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN =

FOCO: PRODUCTIVIDAD EN LAS **CONSTRUCTORAS**

#### **FOCO: INDUSTRIALIZAR LAS CONSTRUCTORAS:**

ES UN ASUNTO CONCEPTUAL (Industrializar sin Industria)

CONSISTE EN 2 ASPECTOS SIMULTÁNEOS Y ESENCIALES: (Nunca pueden faltar) =

**1. ORGANIZAR LAS OBRAS EN PRODUCCIÓN SERIADA Y REPETITIVA**

**2. ESPECIALIZAR LA MANO DE OBRA DE MODO QUE  
NUNCA CAMBIE DE PARTIDA (o actividad) DURANTE TODA LA OBRA**

ESTO SE PUDE APLICAR EN OBRAS:“

A.- SIN NINGÚN PREFABRICADO (Sistema constructivo tradicional)

B.- CON PREFABRICADOS ADQUIRIDOS

C.- CON PREFABRICADOS PRODUCIDOS EN OBRA  
POR LA MISMA CONSTRUCTORA (Prefabricación sin Fábrica)

### **LA PRODUCTIVIDAD SE MEDIRÁ EN LAS CONSTRUCTORAS**

JAMÁS EL FOCO PUEDE ESTAR EN LAS INDUSTRIAS PROVEEDORAS DE PREFABRICADOS

SI BIEN SON UN GRAN APORTE PARA LAS CONSTRUCTORAS

QUEDARSE SOLO EN ADQUIRIR PREFABRICADOS, NO INDUSTRIALIZA LAS CONSTRUCTORAS

+ IMPLICA DEJAR FUERA A MUCHAS CONSTRUCTORAS (Obras tipo A)

+ IMPLICA ADEMÁS DEPENDENCIA Y FALTA DE INNOVACIÓN NACIONAL (Obras tipo C)

+ IMPIDE DESARROLLO DE LOS EQUIPOS PROFESIONALES INTERDISCIPLINARIOS

+ RECORDAR: SIEMPRE DEBE ESTAR PRESENTE LA RACIONALIZACIÓN DE LOS PROYECTOS Y

LA INCLUSIÓN DEL EQUIPO INTERDISCIPLINARIO PROFESIONAL PERMANENTE

La inclusión estable del Equipo Interdisciplinario Profesional de la Constructora, que inicia el Proyecto, lo coordina y va mejorando su ruta, incluye las innovaciones y llega a la máxima eficiencia, todo esto antes de iniciar las Obras. Es un trabajo en conjunto y presencial, en una misma mesa. (No olvidar que el BIM integra los proyectos, per NO a los Projectistas). Cumple con parte de la formación de “capital humano” del sector Profesional.

+ Luego Programar la Obra con Producción Seriado, Repetitiva y **Controlar su avance** y rendimientos, sin olvidar que de la Programación Seriado de Avance, se derivan varias programaciones necesarias para las Obras.

+ En esta etapa se cumple con la otra parte de la formación de “capital humano”, que corresponde al sector Operarios. Es la PRODUCTIVIDAD LABORAL. Ellos se capacitaron por repetición de actividades y se especializaron en su partida, elevando sustancialmente sus rendimientos y remuneraciones. Se convirtieron de Mano de Obra artesanal en Mano de Obra Industrial, pudiendo ejecutar otras faenas en otras Obras Seriadas. Es la oportunidad de reducir Plazo de las Obras, debido al alza de sus rendimientos.

### **1.2.D EL MAYOR DÉFICIT PARA INDUSTRIALIZAR es que falta desarrollar y perfeccionar el SISTEMA DE PROGRAMACIÓN SERIADA Y REPETITIVA DE OBRAS DE COSTRUCIÓN.**

Sin Producción Seriado no hay Industrialización, y debe ir acompañada de la Especialización de los Operarios en cada partida repetitiva sin cambiar de actividad.

**Este grave déficit**, se debe a que no hay conocimiento generalizado de la PROGRAMACIÓN SERIADA, REPETITIVA de Obras, la herramienta previa para Producir en forma Seriado.

Existen conocimientos básicos, aplicables hoy, en obras repetitivas.

Sin embargo, **es donde se necesita una investigación profunda**, que permita disponer a todos de este método de Programación de Avance de Obras.

Existen documentos publicados en un FDI CORFO de CPC del año 2000, con excelentes bases para llegar a esta meta, hoy en poder de gerencia de Construye 2025, y archivos disponibles.

**LA MAYOR URGENCIA ES LA INVESTIGACIÓN** para conformar y definir un sistema de Programación Vectorial, Seriado y Repetitiva de Avance de Obras: para Obras repetitivas al inicio y disímiles a continuación.

Podemos difundir hoy nociones básicas para aplicación inmediata en obras Repetitivas.

**Es necesario reunirse, ejercitarlas y aprenderlas. Esto entre miembros del CCI, en ningún caso con Consultoras. Es asunto de Equipos Interdisciplinarios, con algunas ayudas externas.**

Más aun, hay Constructoras que lo están aplicando desde sus origen, hasta hoy, con incomparables ventajas (Constructora Metropolitana y probables otras).

### **LOS AVANCES LOGRADOS EN TÉRMINOS DE PROYECCIÓN, POR EJECUTAR:**

- + Productividad para la empresa y la mano de obra. Sustentabilidad Económica, Social y Ambiental. Gran incremento de la Productividad y la Sustentabilidad, para reducir la brecha con la OCDE.
- + Abre tres posibilidades de operar en industrialización, según cada tipo de Obras y de acuerdo a las condiciones de las empresas.
- + Desarrollo de las competencias profesionales que producen innovación y mejoramiento continuo, trabajando en equipos interdisciplinarios presenciales (Formación de capital humano, **TRABAJANDO**).
- + Así abordamos la capacitación de la mano de obra (industrial), **TRABAJANDO** y la formación de los profesionales, en industrialización. Y todo esto **TRABAJANDO**, es decir sin costos ni tiempos externos. Además del aumento de remuneraciones del “capital humano” y de rentabilidad de las Constructoras.
- + El sistema de Prefabricar en obra, por la empresa Constructora, es **intensivo en mano de obra** y mejora sus remuneraciones (Otorga Empleo y Productividad laboral).
- + **Es tecnología blanda**, menos capital y más ingenio profesional (Más sustentable = hacer más con menos) especialmente apropiado para las PYMEs y para todo tipo de empresas Constructoras.
- + Es una oportunidad para las PYMEs, de liderar el proceso de industrialización de **las Constructoras** a nivel Nacional, siendo más competitivas y sustentables.
- + Abre la posibilidad de exportar servicios Profesionales y de Constructoras, referentes a la Industrialización como vía para elevar la Productividad.
- + El concepto **TRABAJANDO**, explica que rechazamos tanto estudio, obras piloto, Consultoras, que son pérdida de tiempo y dinero. Estimamos que se debe hacer **TRABAJANDO** que es lo que se necesita contra la cesantía, para activar la economía y permitir el avance de un mejoramiento continuo, hacia el Gran Objetivo: Industrializar **las Constructoras** a nivel Nacional, como vía para elevar la Productividad.

## **SOBRE**

### **1.3. PROGRAMACIÓN SERIADA DE OBRAS**

En el Gran Objetivo de Industrializar la Construcción Nacional,

(O mejor dicho: las Constructoras)

SIN PRODUCCIÓN SERIADA DE OBRAS = NO HAY INDUSTRIALIZACIÓN

SIN ESPECIALIZACIÓN DE LAS CUADRILLAS EN CADA PARTIDA: NO LA HAY

### **INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE LA OBRA**

## POR PROGRAMACION SERIADA DE OBRAS en sistema Tradicional, Sin Prefabricados

Si bien es cierto que la Industrialización se aplica en los 3 PASOS o modalidades de Obras, empezaremos por aplicarla en el PASO 1 sin Prefabricados, donde tiene su aplicación más pura, en el sentido de no confundir con la Industria proveedora de Prefabricados (Industrialización sin Industria).

Del Legado de **CPC** Centro Chileno de Productividad en la Construcción (1965 a 2005) Esta modalidad fue la bandera de CPC en sus inicios (1965), con el experto de la OIT que nos aportó la CORFO (SERCOTEC): el **ingeniero Reuben Donath**, miembro del Instituto Nacional de Productividad de Israel, que revolucionó la construcción nacional en esa época. **Para organizar las obras en Producción Seriada**, nos trajo la Programación Rítmica, aplicable a obras repetitivas, expresada **en Carta Gantt**. Una gran cantidad de obras de viviendas se acogieron a esta Programación, con excelentes resultados de calidad, rendimientos, plazos y costos. Además, ya este inicio de las Empresas, en la Industrialización, va modelando su organización empresarial, permeando en todos sus sectores, una nueva manera de ver las cosas.

**Luego, estas Programaciones Seriadas, fueron tomadas por los profesionales chilenos del CPC, que siguieron investigando.** Fue una búsqueda de aplicar la Industrialización de las faenas de Construcción, especialmente en las obras singulares, aquellas que no son repetitivas, y que conforman una gran magnitud de la Construcción. Aquí destaca posteriormente, el ingeniero Ramón Undurraga Montes, Presidente del CPC, que desarrolló **el Sistema de Programación Seriada Vectorial: RPA, por Velocidades Rítmicas**. Utilizado bajo su asesoría en más de 2 millones de m<sup>2</sup> y en obras repetitivas como en obras singulares y disímiles en sus componentes. (Sirve para todo tipo de obras, incluso es muy útil para programar carreteras, aunque no se aplicó). Este producto de la investigación, es muy valioso, un tanto genial, por su simplicidad para comprenderlo, incluso por los obreros y sobre todo por la **Claridad para el Control** de Avance, que no ofrece la Carta Gantt. Estimo que, previo un desarrollo, tiene potencial para aplicarse en forma Internacional.

### 1.3.A. LA PROGRAMACIÓN SERIADA VECTORIAL



**1.- PROGRAMACION SERIADA y REPETITIVA**  
para TODO tipo de obras

**BENEFICIOS** para sector público:  
**COMPETITIVIDAD:** para empresas:

\* **CAPACITACION y ESPECIALIZACION** de la Mano de Obra, **TRABAJANDO** (en 30 días)

- ° Eleva la - CALIDAD
- ° Aumenta - RENDIMIENTOS
- ° Reduce - PLAZOS y COSTOS

\* **EVOLUCIONADA** para OBRAS SINGULARES



**PROGRAMACION por VELOCIDADES RITMICAS**

**4 CONDICIONES:**

- 1.- **PRODUCCION EN SERIE, REPETITIVA:**  
= **capacitación y especialización, trabajando.**
- 2.- **Uniformidad y continuidad ocupacional (M.O.)**  
= **cada cuadrilla ejecuta siempre una sola partida.**
- 3.- **Velocidad constante de cada partida:**  
= **mismo ritmo de producción diaria.**
- 4.- **Sincronización de las diferentes partidas:**  
= **igual duración de cada una (inicio-termino).**

En las Programaciones Seriadas, se establecen 4 CONDICIONES.

**1.- PRODUCCIÓN EN SERIE – REPETITIVA:** Es la más importante característica.

+ Sin Producción Seriada, NO HAY INDUSTRIALIZACIÓN. Se podrán introducir Prefabricados, pero serán solo un material más, aunque sea muy útil.

+ Actualmente vemos prácticamente en todas las obras con Prefabricados adquiridos, que no hay programación Seriada, lo que se aprecia al ver muchas casas con sus muros finales y sin techumbres. O en otros casos de alturas de 6 a 9 pisos, que esperan el término de la Estructura, para seguir con las partidas siguientes.

+ Si se usara la Programación Seriada en cuadro Vectorial, muy fácil de entender gráficamente, se advertiría que cada partida no ejecutada un día, alarga el plazo de la obra un día, porque las partidas habilitan unas a otras, postergando todas las partidas que siguen. Además, la Productividad laboral no aumenta porque no hay producción repetitiva en cuadrillas especializadas en su sola partida, lo que produce además la capacitación y especialización laboral, con aumento de rendimientos.

+ Eso que se ve en la foto (Ver la foto y una explicación más detallada, en páginas 12 y 13), implica muchos días más para la Obra, que además pueden representar otros atrasos en el resto de la construcción. Así se pierde el concepto de Industrialización Conceptual (= no comprenden) con las consecuencias en mayores plazos, menores rendimientos y menor Productividad laboral, y lo peor: no hay Industrialización.

**CONCLUSIÓN; El mayor déficit para Industrializar la construcción, es la falta del SISTEMA DE PROGRAMACIÓN SERIADA, REPETITIVA Y RÍTMICA.** Esto hace que las Obras no se ejecutan por Producción Seriada y **faltando esto, no hay Industrialización.** Porque el avance de la Industrialización a nivel nacional, se mide por las aplicaciones en Obras, por las Constructoras, y no por la cantidad de Prefabricados que se comprenden.

## **2.- QUE LAS CUADRILLAS, NUNCA CAMBIAN DE ACTIVIDAD en una obra.**

Esto implica que antes de la obra, en su etapa de planificación, hemos especializado conceptualmente a la Mano de Obra que va a trabajar. Cada cuadrilla solo en su partida, trabajando en serie y forma repetitiva. Y que durante la Obra a corto plazo, llegarán a ser Especializados en esa partida, con aumento de rendimientos, facilitando menores plazos.

**3 y 4.- Todas las partidas se ejecutan a la misma Velocidad, al mismo Ritmo**, siendo igual la duración desde el inicio al término de cada una: válido para todas las partidas.

Conviene detenerse en uno de los más importantes y trascendentes Beneficios de la Producción Seriada de Obras:

### **1.3.B. La Capacitación y Especialización de la Mano de Obra,**

#### **TRABAJANDO, en PRODUCCIÓN SERIADA, REPETITIVA.**

**Implicaría el término de las necesidades de Capacitación laboral en aulas o talleres.**

Ya la hemos mencionado. Igual repetimos algunos conceptos. (Alguien podría entrar solo en este párrafo). Ocurre que hemos comprobado, para nuestra total sorpresa, que un obrero que viene de otra actividad y se somete a la Producción Seriada sin cambiar de actividad, se Especializa en su faena, en 30 días hábiles. Nos sorprendió la primera vez, pero esto se ha repetido en unos 2 millones de m<sup>2</sup> controlados por el ing. Ramón Undurraga Montes. Pasa a ser una ley. La Especialización laboral empieza Conceptualmente en los escritorios de la Empresa, desde que decidimos que las cuadrillas por partidas, nunca cambiarán de actividad. Luego, al ejecutar la faena, seriada, repetitiva, los obreros van “pillando las mañas” y mejorando sus rendimientos, y la calidad en la medida que se les guíe y exija.

En cuanto a esto, conviene que cada cuadrilla cuente con un obrero de la construcción con experiencia, que la dirija. Este es el hueso duro, para efectos de mejorar las calidades y métodos, ya

que viene con sus mañas y su resistencia al cambio. Por ello, los cambios de costumbres han tenido que ser graduales.

Así, luego de esos 30 días, todos son Especializados en su partida.

Ud. podría decir: si estamos hablando de Capacitación, no basta la especialización en una sola partida, pues un carpintero, por ejemplo, podría tocarle colocar puertas, pero no ha aprendido otras faenas de carpintería como hacer moldajes, tabiques, entrepisos, terminaciones como cielos, pisos, junquillos, tapajuntas, muebles, etc, etc.

Pero le respondemos, que ese es el concepto artesanal, que incluye los oficios. Estamos hablando de Mano de Obra Industrial, como es en la Industria Manufacturera, en que entran de cero y aprenden por repeticiones, hasta la especialización. Igual en la Construcción, si Ud. les da la oportunidad de repetir una faena todos los días, hasta el fin de una obra, ellos se Especializan en esa partida, elevan sus rendimientos y sus remuneraciones (**estando a trato**) y se adaptan a las exigencias de calidad que imponemos.

Ahora, piense Ud. ¿qué pasaría si todo el País usara la Programación Seriado de obras?

Pasaría que se terminaría el problema de encontrar Mano de Obra Calificada (artesanal), que siempre es escasa. Piense que la Cámara de la Construcción ha invertido millones de US dólares en capacitación para sus obreros, especialmente en su Corporación Educativa. ¿Qué se han hecho todos esos contingentes? Mi teoría es que, siendo la Construcción la actividad menos competitiva, hace que la gente con más preparación, se pase a actividades como la Minería, la Agroindustria o simplemente a la Industria Manufacturera. ¿Podría ser por eso, que la escasez sigue presente?.

Reiteramos que si toda la Construcción operara bajo Programación Seriado, signo de industrialización, siempre tendríamos obreros especializados, con buenos rendimientos y remuneraciones, con fidelidad a la Empresa, y contentos.

Y ESTA CAPACITACIÓN Y ESPECIALIZACIÓN, **ES TRABAJANDO** = Costo Cero.

La Programación Seriado, junto con la especialización de las cuadrillas en una sola partida cada una, produce SIEMPRE esta Especialización = Alta Productividad Laboral. Porque la especialización y el trabajo repetitivo eleva sustancialmente los rendimientos, lo cual es esencial para reducir Plazos.

**ES LO QUE HACE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA. CONTRATA UN OPERARIO Y LO PONE A REPETIR Y VA APRENDIENDO. LUEGO PUEDE PASAR A OTRA ACTIVIDAD REPETITIVA E IR SUBIENDO DE RANGO, SEGÚN SUS CAPACIDADES.**

**ESPECIALIZAR LAS CUADRILLAS DE OPERARIOS EN UNA SOLA PARTIDA REPETITIVA, ES LA EXPRESIÓN MÁS CLARA DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LAS CONSTRUCTORAS QUE LO JUNTAN CON LA PRODUCCIÓN SERIADA DE SUS OBRAS.**

Dejé en rojo “(estando a trato)” para no distraer.

Pero es un tema muy importante. Cuando se está a trato, se gana por lo que se produce. Eso es un estímulo para poner máximo empeño en el trabajo.

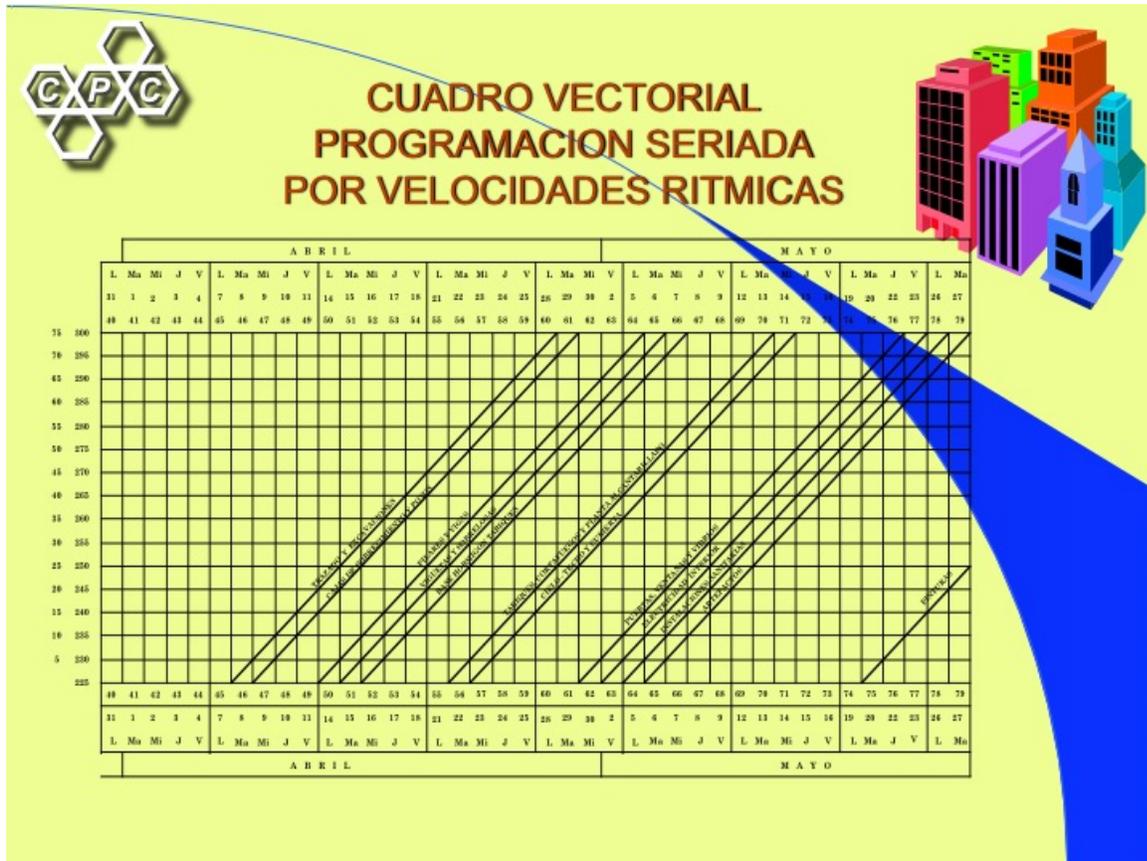
Nuestra experiencia es que en una obra de 12 meses, se aplicó este sistema, incluyendo prefabricados hechos en obra por la Constructora. Y los operarios, duplicaron sus rendimientos y ellos lograron que la obra se ejecutara en 6 meses.

La licitación se ganó con los precios de la Mano de Obra habitual. Según las tablas normales de rendimientos. Por ende, ellos ganaron el doble mensualmente. Y la Constructora gastó menos en Mano de Obra, que las otras constructoras que ejecutaban las mismas obras (tomar en cuenta los 6 meses menos de contratos laborales más otros rubros).

**SERIA EL DESCRITERIO MÁS GRANDE**, no volver a dar los tratos según las tablas normales de rendimientos existentes. Sería volver a tener una Mano de Obra media muerta de hambre, que

clama justicia y equidad. Los negocios tiene que ser buenos para las dos partes, o para todas las partes. (Ver Testimonio de Fernando Cueto, dueño de la Constructora Caburga, que ejecutó esta obra, en puntos siguientes).

### 1.3.C. GRAFICAR LA PROGRAMACIÓN SERIADA VECTORIAL



Las Partidas están en cada Vector.

El eje horizontal, indica el tiempo.

El eje vertical, indica Producción, ascendente (por ejemplo, cantidad de casas) y a su vez indica el RÍTMO (Cantidad de casas por día y por Partida).

Cada cuadrado, indica un día en la horizontal y el Ritmo en la Vertical.

El RITMO más común será una casa diaria por partida = RITMO 1.-

Cada cuadrado representa el tiempo de un día y la producción programada en el.

#### C.1. EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN SERIADA VECTORIAL (Cuadro para Control)

+ Se trabaja en una planilla cuadrículada, preferentemente con cuadrados.

+ En el eje vertical, está la producción: por ejemplo, número de casas (según el ritmo).

Si el ritmo es 1 (una casa/día por partida), se numerará de abajo hacia arriba: 1, 2, 3, 4, etc.

Si el ritmo es 2, dos casas día se numerará: 2, 4, 6, 8, etc.

Cuando hicimos Casetas Sanitarias en Valparaíso, de 2,4 x 3,6 m establecimos un ritmo de 5 casetas/día. La numeración fue 5, 10, 15, 20, etc. Eran 350 casetas = 70 cuadrados atravesados por su diagonal, es decir, la duración programada de cada Partida: 70 días.

+ En el eje horizontal, está el tiempo, con los días corridos de obra y debajo las fechas y más abajo los meses. Las semanas se pueden marcar engrosando las verticales que las limitan. La planilla mostrada, incluye solo los días hábiles, por eso hay semanas más cortas. Recordar que los fines de semana o feriados, sirven para recuperar tiempos perdidos (Tal vez, incluir en el dibujo, todos los días corridos).

Se puede y conviene dejar días iniciales sin producción, por instalación de faenas y primeros suministros y organización de la obra.

Y la obra se iniciará con el día 1 y en la fecha resultante.

+ Cada cuadrícula señala el tiempo (un día), en la horizontal y la producción en la vertical.

La diagonal señala la ejecución de la Partida, y el Ritmo o velocidad de producción, o incluso la velocidad de inversión de los recursos.

## **C.2. FORMA DE DIBUJAR UNA PROGRAMACIÓN SERIADA REPETITIVA**

Se establece la **Secuencia de actividades o partidas**. Esta secuencia debe establecerse en el equipo profesional interdisciplinario de la Constructora. Algunas partidas son estratégicas y deben discutirse. Errores en la secuencia pueden afectar toda la obra.

### **1.- Dibujar todas las partidas en su secuencia acordada y separación de cada una con la partida siguiente.**

+ El dibujo o graficación puede ser en planilla de cálculo, que está al alcance de todos y es lo más práctico, o dibujo manual, (o usar software tipo cad, que es más limitado).

+ Teniendo completo el análisis de la obra, debemos **precisar la secuencia de actividades**, que ejecutan la Obra, que en conceptos industriales es el Montaje (aunque no tenga Prefabricados).

+ Teniendo esa secuencia decidida, se debe dibujar la programación de todas las partidas, estableciendo los días de inicio de cada una, en relación a la anterior.

+ Fijarse en que a pesar de que la obra permita hacer una partida detrás de otra al día siguiente, hay que considerar que empezar una partida implica armar una cuadrilla, explicar en qué consiste su trabajo, proveer de los materiales, como mínimo, lo cual podría necesitar un día más

**+Tener presente que esta planilla con todas las Partidas, será la que se use para construir**

### **2.- Seleccionar las partidas de Control y dejar solo esas en el cuadro vectorial**

+ Luego viene efectuar **un segundo cuadro**, graficando solo la Programación de Partidas de Control, manteniendo su ubicación y luego, eliminando las demás.

+ Deben ser aprox. 10 a 12, eligiendo las más significativas para esos efectos.

Por ejemplo, se seleccionan los sobrecimientos, que incluyen trazado, excavaciones y cimientos.

En caso de albañilería, se continúa con la cadena, que supone la confección completa del muro. Y así en adelante, privilegiando incluir por ejemplo, Puertas y Ventanas, que implican que la casa se cierra y se pueden ejecutar partidas sujetas a robos, como las instalaciones y sus artefactos. Y desde luego, y antes, la cubierta para poder trabajar dentro y es parte de cerrar la casa.

+ Al graficar la Programación, conviene dar colores diferentes a cada partida de Control, para no confundir el Control, cuando se empiezan a cruzar las líneas. También conviene que cada partida sea en líneas de segmentos y la de Control, de igual color, en línea llena: para diferenciar.

+ Nunca he visto un cumplimiento total de la Programación. Pero en las obras "Comprometidas" semanalmente se recuperan los atrasos en el sábado, domingo y festivos.

+ Me han tocado obras NO comprometidas, incluso de oposición a dicha Programación (por los Profesionales de Obra) y los resultados son nefastos. El control está lleno de líneas horizontales, es decir, algunos días avanzan en líneas vectoriales y otros horizontales. Los plazos no se cumplen.

+ Cada día con línea horizontal (en Control), significa que no hay producción. Pero lo más grave, es

que atrasa la partida siguiente, que depende de la anterior, lo que significa que un día que se atrasa una partida, es un día más de la obra total. Esto no es conocido y cuesta entenderlo, pero se aprecia claramente en forma visual, en estos cuadros vectoriales.

### A propósito de obras “Comprometidas”

+ Será imposible llevar adelante una Programación cualquiera, sin el compromiso de todo el equipo dirigente y de los mandos medios. Son estos últimos los que retrasan las obras. Los operarios ganan más cuando se cumplen los ritmos o velocidad de producción, por lo que están siempre contentos, en cambio a ritmos menores, ganan menos y se molestan.

+ Hay una observación interesante: los operarios están a trato y los dirigentes y mandos medios, a sueldo. Al que está a trato, le conviene aumentar su producción, por lapso de tiempo. Al que está a sueldo, si la obra se acelera, se acorta su período de remuneraciones. De hecho son los que la demoran (según experiencias).

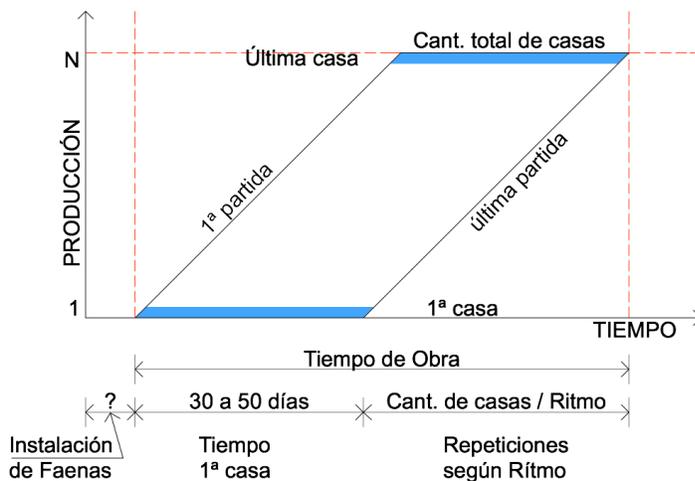
+ De ahí se deduce que debería generarse un sistema de remuneraciones relacionado con la producción alcanzada. No hay producción, no ganan. Hay poca producción, ganan poco, sistema igualitario con los operarios, para que todos quieran ganar más, acelerando la producción.

+ No olvidar que la Empresa obtiene sus mayores ganancias, cuando la obra es rápida. Y que los Beneficiarios, desean entregas al menor plazo.

**+ En resumen: LOS MENORES PLAZOS le convienen a La Empresa, a los Obreros, a los posibles Usuarios, a los Mandantes, y finalmente al País, ya que aumenta el PIB anual, en la parte correspondiente.**

### C.3. CALCULO SIMPLE PARA ESTIMAR TIEMPO DE OBRA

Este cálculo es tan simple, que no lo tomamos mucho en cuenta. Sin embargo sirve para muchas cosas más, de lo aquí expresado.



**(Gráfico de cálculo simple de estimación de plazos) NO olvidar que son plazos Estimados.** Igualmente es increíble para todas las circunstancias que sirve, siendo tan simple.

+ Para estimar rápidamente en términos generales, cuánto puede demorar una obra, o en cuánto tiempo se puede ejecutar, hay un sistema de cálculo estimativo, simplificado:

+ Se dibuja el rombo de la programación seriada de la obra y se colocan 2 cotas de tiempo: La primera, corresponde a la 1ª casa y la segunda, a las repeticiones.

+ La primera casa se estima generalmente en 30 a 60 días; y las repeticiones dependen del Ritmo elegido, y será de la cantidad de casas / el Ritmo. La suma de ambas cotas, sería el plazo posible, desde que se inicia la obra hasta su término, sin considerar imprevistos, ni instalación de faenas.

**Ejemplo 1:** Loteo con 120 casas, Ritmo 1 casa / día (por partida). Sumamos: 40 días casa inicial + (120 casas / Ritmo 1 = 120 días). TOTAL 160 días / 20 días hábiles por mes = se puede hacer en 8 meses, siempre que se cumpla bien la programación de avance. Si el Ritmo fuera 2, la cota de repeticiones sería:  $120 / 2 = 60$  días + 40 días de 1ª casa = 100 días hábiles total / 20 = 5 meses.

**Ejemplo 2:** Mismo loteo, mandante público otorga 12 meses plazo. Cálculo del Ritmo: 120 casas / 200 días hábiles (menos la 1ª casa) = ritmo 0,6 casas / día (por partida). No se deben considerar Ritmos de fracciones de casas. Habría que considerar Ritmo 1, el más habitual, y llegar al ejemplo 1. Todo este cálculo se aprecia mucho mejor una vez graficada la programación y entrando al Control, así como advertir las consecuencias de las paralizaciones en la extensión del plazo. Hay dos situaciones a considerar: Una, que los atrasos de la semana hábil, se pueden recuperar en los días no hábiles, semana a semana. Y la otra: que siempre conviene tomar un resguardo, aumentando algo el plazo calculado, para evitar las consecuencias de posibles imprevistos.

**Terminar antes, se aplaude. Terminar después = multas.**

+ Dejamos constancia que este cálculo rápido supone una ejecución perfecta de la Programación. Siempre aparecen imprevistos de diversos tipos. Por ello, al cálculo rápido, para ser realistas, se debe agregar un tiempo más, como holgura para estos eventos, antes de tomar compromisos.

#### **C.4. EXPERIENCIA ESPECIAL: UNA VIVIENDA SOCIAL EN 4 DIAS**

Sin embargo, me tocó ser testigo de una casa SERVIU que la Empresa la ejecutó completa en 4 días, excepto pinturas interiores (tal vez no incluidas en el contrato). ¿Cómo puede ser eso? Fue un proyecto bien pensado para eso y se ejecutó en pleno verano.

**El día 1:** Excavaciones de poyos y alcantarillado; las instalaciones bajo tierra, todo prefabricado. Luego se ejecutaron los rellenos para radier, nivelaciones, etc. Luego, las armaduras de sobrecimientos y el moldaje lateral del sobrecimiento (tipo pavimentación).

**El día 2:** Llegó camión concretero y concretaron todo junto: cimientos, sobrecimientos y radier. Se afinó con helicóptero hasta el fin del día.

**El día 3:** Al día siguiente llegaron paneles de estructuras de Metalcon, para los muros y tabiques. Se trabajó simultáneamente en instalaciones y revestimientos, aislación térmica, etc. hasta terminar esta faena.

**El día 4:** Colocaron la techumbre, de Cover Panel (paneles laminados de doble chapa metálica con poliestireno expandido interior), que en luces tipo 3 m cubrían estructuralmente la luz, en un rápido montaje. Se continuó, terminando las instalaciones, colocando artefactos, puertas y ventanas, revestimientos de siding de fibrocemento prepintado, etc.

**El día 5:** La casa estuvo lista. No se pudo habitar, faltó la unión domiciliaria del alcantarillado.

### **REFLEXIÓN**

¿Qué reflexión nos permite esto?

1.- Que es un caso extremo, pero muy interesante.

2.- Se emplearon unos 15 operarios simultáneamente, que a veces se estorbaban, situación no mantenible en el tiempo de una obra.

3.- Que las velocidades tradicionales, las estimo “cancinas”, como cansadas, lentas y nos conformamos con eso.

4.- Que la manera de hacer la “infraestructura”, es decir, desde excavaciones al radier, Días 1 y 2, es la forma más rápida y eficiente, superando a la solución de sobrecimientos Prefabricados y posterior radier.

Esta solución tiene algo digno de analizar: **reúne algunas partidas y las ejecuta como una sola.**

Además, elimina una partida de Fabricación, de las Vigas de Sobrecimiento.

Podemos agregar que, siendo el radier, una partida artesanal y húmeda, conviene acelerarla para dejar paso a un rápido Montaje de componentes Prefabricados. También el uso de la techumbre con Cover Panel, significa unificar todas las partidas de techumbre en una sola: Estructura (cerchas, costaneras de cubierta y de cielo, cielo y aislación térmica y cubierta: un gran avance)

**Debemos advertir, que este resultado, no es muy influyente en construcciones masivas.**

Ya se ha planteado que es mejor, dar tiempo a cada inicio de las partidas para producción en serie de cada una, con las ventajas expresadas.

A esta empresa, le adjudicaron 500 casas, y si calculamos un Ritmo de 1 casa día, las repeticiones aportan 500 días hábiles de duración. Desaparece, prácticamente, la duración de la primera casa.

**Las Beneficiarias creyeron que iban a recibir sus casas a muy corto plazo, pero no podía ser así.**

**Y la empresa no terminó su contrato.**

La publicidad de la casa piloto en 4 días resultó ser publicidad engañosa con daño incluso a la misma constructora.

### **C.5. ANÉCDOTA: - Obra El Monte**

Es de la misma obra de El Monte, en que les contaba de la cuadrilla de albañiles.

Cuando se compraron las planchas de fibrocemento ondulado, para las cubiertas, se hizo incluyendo la colocación de un subcontratista asociado al productor. Cuando las casas empezaron a terminar las estructuras de techumbres, se les avisó para que empezaran a colocarlas. Pero la cuadrilla colocadora no quiso hacerlo hasta que se juntaran más casas listas. Finalmente las colocaron cuando todas estuvieron listas.

Lo sorprendente fue que las colocaron todas en un fin de semana de 3 días. Eran 86 casas.

Entonces ¿qué sucede? ¿son superhombres de la Productividad? ¿por qué pueden superar tanto los Ritmos (o velocidad) de producción que habitualmente conocemos? Da para pensar y para considerar que nuestros Ritmos son “cancinos”.

Pero hay algunas razones: Es una cuadrilla altamente especializada. ¿De dónde salió? De las repeticiones que los especializan y aumentan su rendimientos y sus remuneraciones.

Es de lo que estamos hablando, de la Producción Seriada en Obra, que por repeticiones capacita

hasta la especialización, con aumentos de rendimientos, a veces considerables.

**Eran 86 casas a un Ritmo de 1 casa diaria (por partida)**

**La cubierta es una partida simple, que normalmente forma parte de toda la Techumbre**

**Aun así, se ejecutó a un Ritmo del orden de casi 30 casas / día.**

### **C.6. SIGUIENDO LA REFLEXIÓN SOBRE LA PROGRAMACION SERIADA VECTORIAL**

Si volvemos al cálculo simple y rápido de los plazos, veremos que no es mucho lo que logramos con que la 1ª casa se haga en 4 o 7 o 14 días. Luego vienen las repeticiones, que dependen del Ritmo.

La pregunta es: ¿Se podrían aumentar los Ritmos, con una cantidad de obreros similar? Creo que sí.

Si se reduce la 1ª casa y se aumenta el Ritmo, podrían lograrse plazos significativamente menores, especialmente en obras de grandes cantidades de viviendas. Esto se acentúa si Prefabricamos, ya que la obra se convierte en un proceso de Montaje de elementos más terminados, lo cual acelera la obra, reduciendo las labores de las partidas de Montaje (Producción simultánea).

Las partidas que molestan para eso, son las faenas húmedas, que necesitan fraguar, toma tiempo y se moja todo. Los sellantes hidráulicos (por Ej. Antisol y otros de Sika, similares o nuevos) pueden eliminar el problema del riego, pero principalmente en el radier y losas, que exponen grandes superficies en relación a la masa de concreto, lo que suele causar grietas.

También es necesaria una preocupación de diseño, en la elección de materiales apropiados a esta finalidad y desde luego, diseñar para la prefabricación.

Los rendimientos de taller de prefabricación, suben mucho más que las tablas conocidas, debido a la organización seriada de faenas simplificadas (menos partidas), por las herramientas empresariales, equipamiento del taller, etc. Además de lograr ostensiblemente mejores calidades.

Si por ejemplo hiciéramos las casas con estructura de madera o de Metalcon, nos queda el radier, como partida crítica. En ese caso, se podría imitar el método de la casa de los 4 días y avanzar en esas partidas simultáneas hasta el radier, más rápido que la programación, y de paso tener listas esas infraestructuras para las partidas siguientes. Eso aparte de poder cobrar estados de pago y contar con un flujo anticipadamente (Ver Obra Johansen en 3.4-A +Anécdota A 4 del Libro). Igual que en esta infraestructura, en las partidas siguientes, se podrían acumular o juntar más de una partida.

Como pueden apreciar, cada obra tiene muchas particularidades y se pueden organizar de varias maneras. Solo tratamos de dar algunas luces de cómo mejorar en muchos aspectos, por ejemplo, calidad, velocidad, rendimientos, utilidades y rentabilidad.

No pensemos solo en el crecimiento de la Empresa, este sistema permite mayores remuneraciones del personal, especialmente de los operarios, sin aumentar costos, sino por sus aumentos de rendimientos, que de paso reducirán Plazos. Permite incorporar en alguna forma, al personal, al crecimiento de la Empresa.

Vuelvo a mencionar a Luis Santibáñez, que en una de nuestras obras, había un super hombre de la productividad. El solo, hacía todos los prefabricados de las techumbres del proyecto (paneles cielo-techo). **En ese tiempo** ganaba \$800.000 mensuales, mientras los normales sacaban desde \$200.000 y los más rendidores llegaban a \$400.000. (1990)

¿Qué hizo la Empresa? Le bajó los tratos. No tuvo estímulo sino decepción. Y no era necesario, estaba más bajo que el presupuesto aprobado. Y decepcionó al mejor de sus colaboradores.

Se olvidó que el negocio tiene que ser bueno para todas las partes.

ES EL DESCRITERIO MÁS GRANDE QUE HE VISTO, INJUSTO, FALTA DE EQUIDAD. No tenía ninguna incidencia en los costos. Pero Si, había envidia de los mandos medios y la dirigencia de la obra, porque estaban a sueldo (erróneamente) y no tenían la posibilidad de aumentar sus remuneraciones.

## **C.7. EL CONTROL DE AVANCE DE LA PROGRAMACION SERIADA VECTORIAL ¿Y CÓMO SE CONTROLA?**

Para efectos del CONTROL solo se dibujan unas 10 a 12 partidas bien indicativas y con colores distintos.

Aparece con línea de segmento lo Programado y El control con línea llena a través del tiempo.

Nunca he visto que se cumpla 100% una Programación, pero la Vectorial, se aproxima, cuando el personal Directivo de la Obra esté comprometido con este Sistema (muchas resistencias al cambio y a la innovación).

Habitualmente en el Control, aparecen líneas horizontales, que implican avance en el tiempo, pero sin producción. Y eso se aprecia visualmente, de inmediato y es fácil encontrar las causas.

Pero la gráfica demuestra que en casi todas las partidas, un día de atraso en cada una, es un día más de Obra, sean 30 casas o 1.500 casas, porque una partida habilita a la siguiente (ejemplo: no puedo hacer terminaciones, sin techumbres).

## LA FOTO HABITUAL DE LAS OBRAS



**PIENSE USTED**, qué significa cuando vemos grupos de casas con sus muros terminados (sean en 1 o 2 pisos) que no tienen techumbre.

Son varios días y varias casas, que se suman al Plazo total.

Lo que vemos en la foto que viene a continuación, es que: **NO HAY PRODUCCIÓN SERIADA DE AVANCE DE OBRAS.**

Y así no se aprovecha la velocidad ganada por la estructura Prefabricada.

Recientemente vi fotos de obras con diferentes sistemas constructivos, con lo que he descrito.

Si analizamos en base a las 2 condiciones esenciales para industrializar las Constructoras:

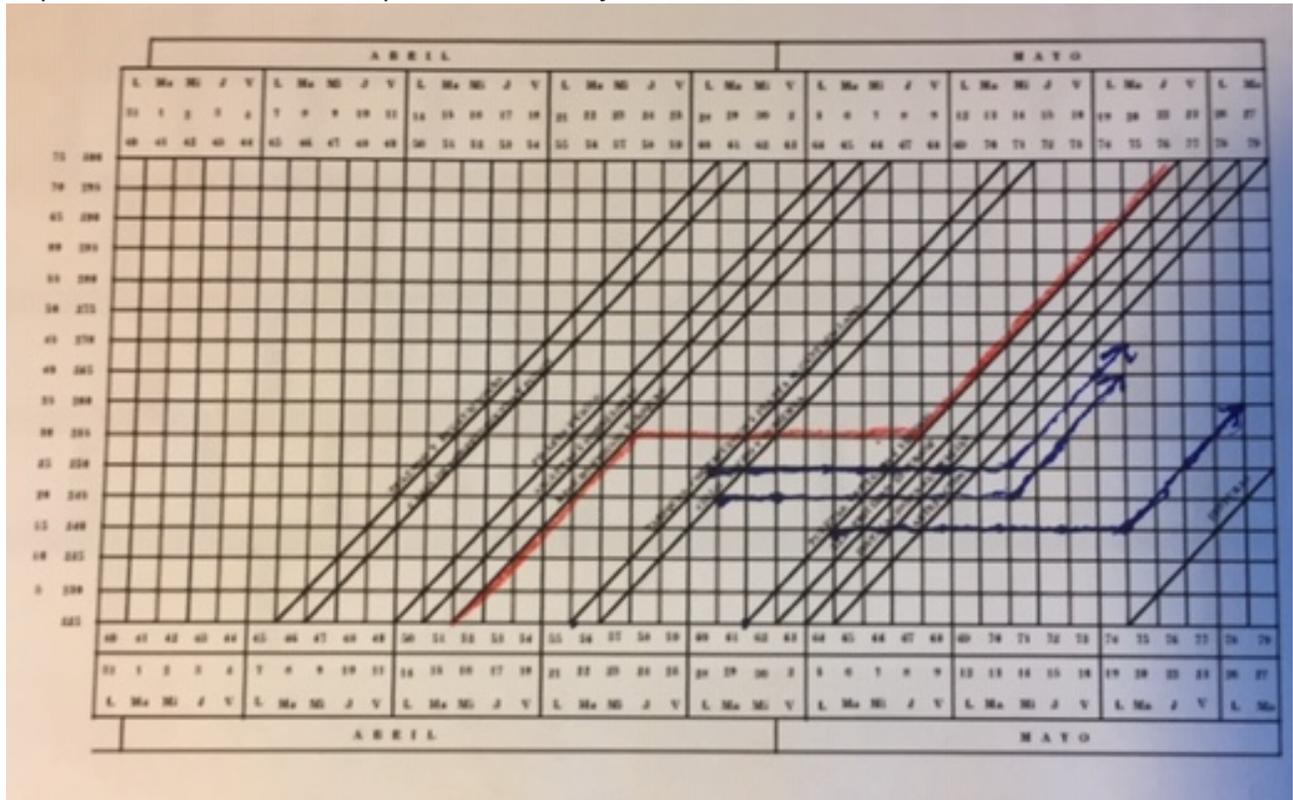
1. Organizar las Obras en Producción Seriada (Programación Seriada y Repetitiva)
2. Especialización de las cuadrillas en una sola partida, sin cambiar de actividad

En cuanto al 1. Nos damos cuenta en la foto, que no hay Producción Seriada, la que incluye que cada partida sea seguida de inmediato por la siguiente. No podrían darse esas paralizaciones dejando la partida para después.

En cuanto al 2. Esto no podría ocurrir, porque las cuadrillas de esas partidas paralizarían y sería demasiado notorio.

Sin embargo, en cuanto a la Mano de Obra, muestra claramente que se cambia de actividades, como sucede normalmente en las obras, cuyas Constructoras no han entrado en la Industrialización de sus procesos, de acuerdo a los 2 puntos esenciales.

¿Aprecian las diferencias? ¿Aprecian las ventajas?



El Control en el Cuadro Vectorial de Programación Seriada, lo habría advertido visualmente con líneas horizontales, que implican avance en el tiempo y cero en producción. Es la expresión de una paralización.

Pero hay más: cuando una partida se detiene, no deja avanzar a todas las siguientes, porque una habilita a la otra (por eso es tan delicada la Secuencia de partidas).

Lo que implica que cada día que no se ejecutó una partida, alargó toda la Obra en ese día.

¿Ud. No lo cree? Pues cuando maneje el cuadro Vectorial de Programación Seriada y CONTROL, lo apreciará visualmente. Ahora puede verlo en el cuadro recién introducido.

Imagínese lo que pasa cuando una partida (en rojo) se detiene 10 días hábiles.

Todas las partidas siguientes deben detenerse por 10 días, porque la expresada en rojo las habilita: no puedo colocar cubierta, instalaciones, terminaciones puertas y ventanas exteriores, ets, etc.

En otras palabras, la obra se alargó en 10 días.

Pero eso si es la única partida que se paraliza y si son 10 días.

Suele suceder esto con varias partidas, lo que explica el alargamiento de los plazos y sus mayores costos asociados. Resultado caótico.

Además, recuerda que la Mano de Obra que cambia de actividades habitualmente cada semana, debe ser M de O calificada, lo que se opone a la Mano de Obra industrial, que se califica por repetición de faenas (como en la industria manufacturera), adquiere rendimientos y calidad, y esos rendimientos permiten acortar significativamente los Plazos, porque de los operarios depende.

Y la experiencia de TENSOCRET en la Universidad Autónoma en Talca, que la Constructora esperó que se montaran los 9 pisos, para después empezar las partidas siguientes, sin especialización ni sincronización y con programaciones en Carta Gantt difíciles de controlar. Todos esos días perdidos, se sumaron al Plazo final

Reuben Donath decía que no se deberían llamar Programación y Control, sino Control y Programación. Con esto quería decir:

- 1.- **El Control es más importante** para las obras y
- 2.- La Programación debe basarse en los Controles anteriores.
- 3.- Programaciones difíciles de controlar, **no sirven**.

Este 2º acápite revela que analizando los Controles de la obra recién terminada, podemos establecer las partidas conflictivas o demorosas o muy caras, permitiendo reciclar el Diseño y mejorar esos aspectos en obras futuras. Lo hemos hecho: así nacieron los Paneles de Cielo Techo (Ver 2.10-B B.3). Pero lo importante, es que este tipo de Programaciones son muy fáciles de controlar, visualmente y matemáticamente, permitiendo llevar la obra según lo programado, definiendo fechas de término. A su vez, son fáciles de Reprogramar, en caso de distorsiones mayores.

El cuadro Vectorial es en esencia un cuadro estadístico en que visualmente indica el control de la producción, apreciándose visualmente sus distorsiones, que permiten corregir para seguir los trazos programados.

El control permite calcular el Ritmo resultante en un período y comparar con el programado.

También este sistema vectorial permite comprobar algo sorprendente: que **cada día de atraso en cualquier partida, significa un día más de la obra total**. Esto porque cada partida habilita a la siguiente, y eso detiene a todas las partidas que le siguen.

El experto en este tipo de Programación y Control es el ingeniero Ramón Undurraga Montes, ex Presidente del CPC.

Pero el Control Financiero, si se hace por índices, expresa por ejemplo, si cada partida, en un período de tiempo, está saliendo a mayor o menor costo. Y puede determinar, si es por compras de materiales o por Mano de Obra o por variación en la cubicación de materiales. Puede dar la distorsión de la obra, respecto a lo presupuestado, en cada detalle, período y en el acumulado, en cualquier momento del avance.

Lamentablemente Undurraga ya no está trabajando y solo nos quedan sus documentos, publicados en el FDI CORFO de CPC, año 2000 apróx.

Se recuerda que propongo 3 etapas progresivas en Industrialización, todas las cuales deben incluir

- 1.- PROGRAMACION SERIADA REPETITIVA Y RÍTMICA DEL AVANCE y
- 2.- ESPECIALIZACIÓN DE LAS CUADRILLAS de Operarios en cada partida, y que nunca cambien de actividad, para ganar en capacitación y rendimientos, posibilitando la reducción de plazos y el aumento de remuneraciones a tratos.



Esta Programación por Velocidades Rítmicas (RPA), se expresa en un cuadro Vectorial, similar a muchos cuadro estadísticos. Lo interesante es que mientras la carta Gantt usa solo 2 variables, el RPA incorpora una tercera variable, que mide la Velocidad de Inversión de Recursos, por eso se llama Programación por Velocidades Rítmicas. Las Partidas son vectoriales, el eje vertical ascendente indica la producción y el horizontal, el tiempo. El otro interés, ya lo mencionamos, es que es muy fácil dibujar y leer el Control de avance. Nos podemos dar cuenta de cómo vamos, proyectar el término de obra en cualquier momento y reprogramar la obra para mantenerla bajo lo programado.

**ANÉCDOTA:** *Un día, llegaba a Valparaíso, a la Obra; abro la puerta de las oficinas y, antes de decir Hola, digo ¿Por qué se paró la obra? Es que un flash visual sobre el cuadro de programación y Control, que estaba en la muralla del frente, mostraba todas las partidas en forma horizontal. Eso significa que avanzó en el tiempo, pero no en producción. Así de fácil es VISUALIZAR en general, el Control de Avance. (Ver ANEXO 2.-)*

### **C.9. Seleccionar las partidas de Control y dejar solo esas en el cuadro vectorial**

+ Luego viene efectuar **un segundo cuadro**, graficando solo la Programación de Partidas de Control, eliminando las demás.

+ Deben ser aprox. 10 a 12, eligiendo las más significativas para esos efectos.

Por ejemplo, se seleccionan los sobrecimientos, que incluyen trazado, excavaciones y cimientos.

En caso de albañilería, se continúa con la cadena, que supone la confección completa del muro. Y así en adelante, privilegiando incluir por ejemplo, Puertas y Ventanas, que implican que la casa se cierra y se pueden ejecutar partidas sujetas a robos, como las instalaciones y sus artefactos. Y desde luego, y antes, **la cubierta** para poder trabajar dentro y es parte de cerrar la casa.

+ Al graficar la Programación, conviene dar colores diferentes a cada partida de Control, para no confundir el Control, cuando se empiezan a cruzar las líneas.

+ Nunca he visto un cumplimiento total de la Programación. Pero en las obras “Comprometidas” semanalmente se recuperan los atrasos en el sábado, domingo y festivos.

+ Me han tocado obras NO comprometidas, incluso de oposición a dicha Programación (por los Profesionales de Obra) y los resultados son nefastos. El control está lleno de líneas horizontales, es decir, algunos días avanzan en líneas vectoriales y otros horizontales. Los plazos no se cumplen.

+ Cada día con línea horizontal (en Control), significa que no hay producción. Pero lo más grave, es que atrasa la partida siguiente, que depende de la anterior, lo que significa que un día que se atrasa una partida, es un día más de la obra total. Esto no es conocido y cuesta entenderlo, pero se aprecia claramente en forma visual, en estos cuadros vectoriales.

## **1.4. TESTIMONIO DE FERNANDO CUETO**

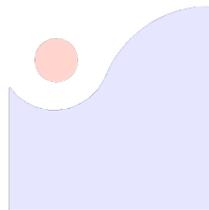
### **CONSTRUCTORA CABURGA**

Hemos decidido incorporar aquí 2 archivos del FDI CORFO CPC que muestran resultados analizados de estos sistemas de Industrializar a las CONSTRUCTORAS.

EL FDI Fondo Concursable de Desarrollo de la Innovación, ganado por CPC, constituye, como se explicó, uno de los 2 hitos máximos de su labor. Es una Investigación muy completa (cuyos archivos tenemos), que incluye desde documentos Conceptuales, hasta monitoreo de la Obra de Constructora Caburga, pilotos construidos de 2casas básicas y 3 Casetas Sanitarias en Valparaíso, con planos completos y su programación Seriada simulando una obra de 100 viviendas.

## **1.4. TESTIMONIO CONSTRUCTORA CABURGA S.A.**

**ING. FERNANDO CUETO DUMONT.**



### **BENEFICIOS de la INDUSTRIALIZACION en la CONSTRUCTORA CABURGA S.A.**

**PMB VALPARAISO**

*JUNIO 2001*

**SITUACION ANTERIOR**

La Constructora Caburga se encontraba ejecutando obras PMB en la Comuna de Valparaíso, desde 1988.

Consistían las obras en urbanización y construcción de Casetas Sanitarias, en volúmenes de 300 a 700 unidades.

Las características de los contratos incluían muchas dificultades:

Terrenos dispersos, no cerrables

Cuantiosos robos de materiales

Poco control de mano de obra (rendimientos – calidad)

Numerosos casos de pendientes extremas

Accesibilidad a terrenos, a 200 o 400 m de huella vehicular

Reposición de partidas mal ejecutadas (recepciones)

A ello se debe sumar que las utilidades calculadas eran normalmente bajas, del 8 a 9% lo que significaba un riesgo, en caso de gasto extra programados.

Los mayores gastos ocurrían, en 1ª magnitud por robos, en 2ª por mayor mano de obra, sumado a habituales ampliaciones de plazos, de 20 a 35% que además de elevar los gastos generales, reducían la rentabilidad, lo cual llegó al límite en 1996, en que ya las utilidades habían desaparecido.

## UNA LUZ EN EL CAMINO

En esta situación se encontraba Caburga, cuando aparece un artículo en el suplemento Urbanismo y Construcción del Mercurio, en que el Centro Chileno de Productividad en la Construcción, **CPC**, exponía sus técnicas de Productividad por la vía de la Industrialización, para elevar la Competitividad de las empresas.

Se visita a los profesionales ejecutivos de CPC, se les expone la situación y se les pide una alternativa para mejorar los resultados de la gestión.

## CONSULTORIA DE CPC

Solicitada la Consultoría de CPC, se comenzó por la etapa de diagnóstico, analizando la situación antes descrita, visitando los terrenos y analizando los planos oficiales de la propuesta siguiente.

Luego de un estudio de CPC, se propuso a Caburga, arrendar un terreno para instalación de faenas, que incluyera espacio para prefabricar elementos componentes de las Casetas, de modo de llevar a obra componentes lo más elaborados posible y que en el mismo día quedaran montados, fijados e incorporados en forma definitiva a la obra.

Esto, al estar en la instalación de faenas, bajo control visual y directo de los ejecutivos de la Empresa, tanto en lo económico como en calidades y rendimientos.

La obra, se transformaría en un proceso de montaje, rápido y seriado, con cuadrillas especializadas (se asignarían partidas por cada cuadrilla, para ejecución seriada, repetitiva y nunca cambiarían de actividad).

Estos conceptos se concretarían en 2 formas:

1. Con planos completos de un rediseño racionalizado de las Casetas, adaptado a las características de la prefabricación, planos de fabricación de componentes y planos de montaje para terreno.
2. Con una programación por Velocidades Rítmicas, expresada en cuadro Vectorial que permite programar y controlar la inversión de recursos, diferenciada en, una para montaje en obra y otra para fabricación en la instalación de faenas, sincronizando ambas en la velocidad de producción.

## **CABURGA SE PONE EN MARCHA**

En 1997 se adjudicó Caburga un contrato de 650 Casetas en las localidades de Puertas Negras y Rodelillo, donde se pudo aplicar lo expuesto.

Cabe explicar que la Municipalidad aceptó las modificaciones del proyecto adjudicado, ya que Caburga no tenía otra factibilidad que prefabricar, con su consiguiente adaptación y racionalización, todo esto avalado por el total cumplimiento anterior de Caburga, más la dificultad de encontrar nuevos contratistas para tan difíciles obras.

## **RESISTENCIA AL CAMBIO**

Cuando CPC presentó a Caburga los planos y la programación, los Constructores Directores de las obras, los jefes de obra, los capataces y algunos obreros, formaron un frente (no asociado) de oposición al nuevo proyecto. Una resistencia al cambio de "capitán a paje" con estimaciones de no viable, difícil de lograr, costos superiores, vaticinando fracaso y hasta la quiebra de la Empresa.

Todo esto, dejó en la duda al Gerente General que suscribe.

## **DECISION DE ARRIESGAR**

Todo cambio implica un riesgo.

Caburga se encontraba sin alternativa. Tenía que arriesgar.

Era atractiva la proposición de CPC, que al racionalizar el proyecto, contabilizaba una reducción de materiales, la prefabricación reduciría los robos y la programación de obra arrojaba un plazo considerablemente menor que el del contrato.

Se tomó la decisión de arriesgar y se partió a la fuerza.

## **VAMOS CAMINANDO**

Se instaló la fábrica de componentes de concreto: vigas de sobrecimiento, con

moldes de volteo, de gran velocidad de producción, pero de aspecto regular (terminación), pilares, viguetas y losetas para Casetas Altas.

Se instaló la fábrica de componentes de madera: paneles de muros y paneles de cielo-techo.

Y también la fábrica de componentes de acero: elaboración de cadenas metálicas para las casetas de albañilería, marcos de puertas y ventanas de acero.

## **PRIMEROS RESULTADOS**

Salían los componentes armados, al lugar de montaje.

La 1ª quincena, se produjo a un ritmo acelerado, desconocido para la Empresa. La mano de obra lograba elevar la calidad, reducir plazos, aumentar sus rendimientos e incrementar sus remuneraciones.

Por otro lado, la Programación Seriada Vectorial, indicaba cada vector para una partida, definiendo la velocidad por su pendiente. Cada cuadrilla ejecutaba una sola actividad, en forma seriada y repetitiva, durante toda la obra, en una cantidad constante de casetas por día.

## **AUTOCONTROL**

Por 1ª vez, cada cuadrilla especializada, revisaba y recibía la partida anterior. Se fabricaron matrices metálicas para trazados y otras mediciones geométricas, especialmente en la infraestructura de las casetas (sobrecimientos en pendientes normales y mesa estructural, en pendientes extremas).

Como resultado, bajaron las tolerancias, se asumió la exigencia de la prefabricación de ser mucho más exacto. Costó lograrlo, ya que traían costumbre de tolerancias mayores.

## **LOS RESULTADOS SE CONSOLIDAN**

Los elementos empleados fueron: rediseño racionalizado, prefabricación y programación seriada.

Los resultados son inesperados (gratamente).

Después de construir la Caseta Piloto, la medición de insumos de materiales fue considerablemente menor que en la época anterior, de la construcción tradicional. En los dos primeros meses, la utilidad computada subió del 8% al 24% sobre valor venta.

Se dudó que continuara, se esperó un mes más, para comprobar.

Continuó igual hasta el fin de las obras.

Conjuntamente, los salarios aumentaron, mientras bajaba el insumo de mano de obra de la Empresa.

Se generó un mayor orden y mayor control. Se sacaban partes y componentes elaborados y no materias primas para elaborar en obra. Mejoró sustancialmente el

Control.

Además, los plazos.

Caburga fue capaz de llegar al 50% de los plazos de bases de propuesta. No lo logró ya que la Municipalidad no fue capaz de entregar los terrenos a la velocidad de producción de Caburga.

Estos atrasos no voluntarios hicieron que los plazos resultantes fueran del 70% de los contratados, lo que además de la mano de obra, implican reducción de gastos generales.

## **LA REALIDAD ACTUAL**

Caburga siguió desarrollando el Sistema de CPC, en 1998 en la Comuna de Valparaíso: en Villa Nápoli, e, 1999 en Rodelillo-2, en el 2000 en Las Cañas y en el 2001 en la Municipalidad de Lampa, en el sector de Batuco.

Los resultados han seguido elevándose, por un proceso de mejoramiento continuo, en que participa organizadamente toda la Empresa y muy especialmente los obreros.

Ha mejorado la satisfacción laboral y la lealtad y compromiso con la Empresa. Han logrado continuidad laboral, en estos tiempos.

La Programación permite cosas importantes. Antes, el jefe de obra destinaba los recursos. Ahora, el gráfico vectorial es el que los orienta, en orden a lograr plazos y rendimientos.

Se opera con un Director de la Obra, Constructor Civil, un Jefe de Obra, 3 Capataces: uno para hormigones de infraestructura de la Caseta, otro para albañilerías y otro para carpintería, terminaciones y entrega.

Cada Capataz (supervisor) tiene no más de 12 a 15 obreros a su cargo, lo que permite supervisar exitosamente las obras.

## **UNA ANECDOTA**

En 1997, cuando se construía en 2 obras simultáneas, uno de los constructores director de obra, afirmó insistentemente que la infraestructura de hormigón armado de la caseta Alta: pilares, vigas y losa, era más barata y más rápida en construcción tradicional, que la con componentes prefabricados: pilares, viguetas y losetas, que remataban en una sobrelosa estructural, que llenaba 2 vigas. Además se había controlado un atraso sobre la programación vectorial, en la cual no creía, sosteniendo que con sus métodos iban a terminar junto con la otra obra.

Analizado el caso en equipo con CPC, se estimó interesante probar para analizar los resultados finales y definir la mejor alternativa.

Los resultados comparados entre las 2 obras, cuidadosamente controlados, en la obra tradicional, arrojaron los siguientes resultados:

- |                |                               |
|----------------|-------------------------------|
| - Materiales   | 20 % más                      |
| - Mano de obra | 15 % más                      |
| - Plazo        | 4 meses más                   |
| - Calidad      | Varios problemas incorporados |

## **EL EQUIPO CONSULTOR DE CPC Y SU ENFOQUE**

Se puede afirmar que el equipo profesional de CPC cuenta con las capacidades y la tecnología para exitosas consultorías a las Empresas Constructoras y a sus obras de construcción.

El objetivo central es la Competitividad, cuyos componentes esenciales son: la calidad, menor precio y menor plazo.

Estos factores los aborda por una trilogía de 3 gestiones simultáneas e interactuantes:

- Gestión de Productividad
- Gestión de Calidad
- Gestión de Innovación Tecnológica

La gestión de Productividad, dará como resultados, menores costos y menores plazos, además de asegurar la Calidad.

## **RECOMIENDACION FINAL A LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS DEL PAIS**

Caburga recomienda categóricamente a las Empresas Constructoras, que industrialicen sus obras y su empresa.

Que dejen el sistema tradicional.

Que empiecen aunque sea lentamente, incorporando algunos prefabricados a sus obras y evalúen los resultados.

Que apliquen la Programación Seriada por Velocidades Rítmicas, desarrollada en CPC en mejoramiento continuo, que resuelve el problema de la mano de obra no calificada, al capacitar por repeticiones, hasta la especialización (en 30 días), mejorando calidades y reduciendo plazos.

Esta programación por Velocidades Rítmicas es muy eficiente en obras repetitivas, pero también está desarrollada para obras singulares o disímiles en sus componentes.

Los resultados que obtendrán las Empresas Constructoras, industrializando, serán los mismos obtenidos por Constructora Caburga S.A.:

- Menores plazos
- Menor consumo de materiales
- Menor gasto de mano de obra
- Mano de obra especializada
- Aseguramiento y control de la calidad
- Mejoramiento del trabajo :

Ventajas para los obreros:

- Capacitación y especialización, trabajando
- Aumento de la calidad
- Aumento de rendimientos
- Aumento de salarios
- Elevación del status entre sus pares

## **Finalmente: AUMENTO DE LA COMPETITIVIDAD DE LAS EMPRESAS**

Estimamos urgente que la Construcción chilena eleve su Competitividad, estimada entre las más bajas de las actividades nacionales.

Estas consultorías de Industrialización, entregarán:

**Aseguramiento de la calidad**, en un proceso de mejoramiento continuo

**Aumento importante de las utilidades**, que permitirá competir a menores precios

**Reducción de plazos** que otorgan: mayor rentabilidad y satisfacción de mandantes

Se hace presente que incorporar Industrialización es uno de los caminos más seguros para elevar la competitividad de las empresas. Estimamos que es el más rápido, efectivo y rentable.

No debe olvidarse que esto implica un camino, un proceso de mejoramiento continuo, que permitirá crecer tecnológicamente a través una secuencia de las diferentes obras.

El mayor problema será siempre la resistencia al cambio. Esta se enfrenta a la Innovación.

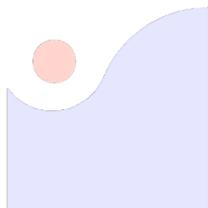
La Innovación Tecnológica es sinónimo de Desarrollo, en términos generales y en la Construcción, sinónimo de calidad y eficiencia de resultados, es decir Competitividad.

Si queremos un país desarrollado y una construcción que sea puntal del desarrollo nacional, no tenemos otro camino que la Innovación Tecnológica, que producir nuestras propias tecnologías.

Y creemos que somos capaces, si tomamos la decisión.

Fernando Cueto Dumont  
Junio 2001

## **1.5. INVESTIGACIÓN SOCIAL INÉDITA INFLUENCIA DE LA INDUSTRIALIZACIÓN EN LOS OPERARIOS QUE LA CONSTRUYEN**



### **V CAPITULO**

### **EVALUACIONES**

### **15. EVALUACIÓN SOCIAL**

#### **15.1 Influencia de la Industrialización en los trabajadores de la construcción Comparaciones entre construcción tradicional e industrializada**

**Asistente Social· María Soledad Zaccarelli Vergara**  
Pontificia Universidad Católica

PROYECTO FDI – CORFO / CPC  
INDUSTRIALIZACIÓN DE LA VIVIENDA  
PARA CHILE BARRIO Y PMB

**Estudio Social**

### **15.1 “INFLUENCIA DE LA INDUSTRIALIZACIÓN EN LOS TRABAJADORES DE LA CONSTRUCCIÓN”**

CONSTRUCTORA CABURGA S.A  
VALPARAÍSO- SECTOR LAS CAÑAS  
Marzo 2000

# CONCLUSIONES

## Conclusión final:

- + Cuantiosos beneficios laborales se obtienen al aplicar técnicas de industrialización al trabajo de la construcción.
- + Se detecta una relación directa: a mayor grado de industrialización incorporada, se obtiene:
  - + Mayor especialización,
  - + Mayores rendimientos,
  - + Mayor calidad,
  - + Mayor remuneración,
  - + Mayor status entre sus pares,
  - + Mayor satisfacción laboral,
  - + Mayor compromiso con la empresa
  - + Mejores relaciones familiares.

## **FUNDAMENTO DE LAS CONCLUSIONES**

### **EL STATUS ENTRE LOS OBREROS**

- Existen “categorías” que implican “status” entre los trabajadores dependiendo de la labor que realicen: Prefabricados de madera y concreto, montaje en terreno, traslado de vigas y paneles (transporte), gasfitería, etc.
- Estas categorías son distinciones que los propios trabajadores se otorgan, principalmente relacionadas con las condiciones laborales, con lo que saben y con el ingreso que reciben.
- Esto implica la existencia de una jerarquización, en la cual se postula que hay trabajadores que logran mejores condiciones laborales que otros.
- Esta opinión compartida por un alto número de obreros da a conocer que quiénes trabajan en prefabricación en madera son quiénes se encuentran en mejores condiciones laborales, los que más saben y por lo tanto quiénes producen más y a la vez reciben mayores ingresos por su trabajo y por ende le adjudican el mayor status.
- Esto provoca algunas molestias en los trabajadores de prefabricación en concreto quiénes reclaman, en primer lugar que sus condiciones laborales no son “tan buenas” como las de quiénes trabajan en madera

ya que ellos poseen techo y en concreto no, el resto de las condiciones las encuentran adecuadas y señalan contar con el material necesario y con permanentes mejoramientos técnicos para realizar su trabajo.

- El otro reclamo realizado por ellos consiste en una desigualdad de ingresos en relación a la labor realizada, dentro de la cuadrilla. En madera existen remuneraciones diferenciadas entre maestros (carpintería) y ayudantes (carpintería). En prefabricado de concreto esto no sucede así, tanto maestros como ayudantes reciben el mismo ingreso, debido a que el trato es por una cantidad global y es costumbre de los obreros no diferenciarse ellos, repartiendo en iguales partes el trato.
- A la vez quienes trabajan en traslado de vigas y paneles, también manifiestan insatisfacción por sus condiciones laborales en relación a quienes trabajan en prefabricado.

- De aquí se deduce que para que exista una mayor satisfacción laboral de todos los trabajadores de la empresa en esta obra se requiere diferenciar los pagos al interior de cada cuadrilla, según especialización y a la vez escuchar los reclamos más recurrentes y colectivos con el fin de estudiar algún mejoramiento, que pasaría en todo caso, por incorporar mayores grados de industrialización en dichas faenas.

Es conveniente darle solución, ya que estas percepciones de los trabajadores, de desigualdades en las condiciones laborales a nivel interno en la Empresa, perjudican las relaciones laborales entre ellos y con quienes dirigen la empresa.

## **COMENTARIO**

Sorprende causó en el equipo investigador social, el establecimiento de los status grupales entre los obreros. En todas las evaluaciones sociales aparecen los status, pero son de tipo personal, relacionados con liderazgos. Lo especial de este caso, es que los status son grupales, lo que es nuevo en este tipo de estudios. Sin embargo, esto se debe a que la influencia de la incorporación de industrialización es muy fuerte, en modificar positivamente la situación de los trabajadores, coincidiendo los status jerarquizados en perfecto orden según la mayor o menor incorporación de industrialización en sus trabajos.

Al interior de la constructora existen diferencias en la satisfacción laboral, que coincide con los status por ellos establecidos, por segmentos de actividades.

- El segmento de trabajadores de prefabricación en madera opina que trabaja a gusto. A la vez son quienes han asimilado mejor el sistema aplicado: prefabricación en madera, y ejecutan altos volúmenes de producción entre pocas personas y por lo tanto reciben mayor ingreso (importante alza de la productividad laboral)

- En segundo lugar se encuentran los que trabajan en prefabricados de concreto. Su satisfacción es positiva, ya que logran el 2º nivel salarial además el 2º “status” entre sus pares. Sin embargo, desean que exista retribución a los años de experiencia del oficio (albañil) de los “maestros”, diferenciando las remuneraciones entre los miembros de la cuadrilla. Este aspecto es solucionable, debe corregirse y además de ser justo, es ventajoso para la empresa.

- En tercer lugar, se encuentran los trabajadores del montaje en obra, que logran el tercer nivel salarial y “status” entre los trabajadores. Este grupo, trabaja en forma seriada y obtiene altos rendimientos, pero inferiores a los de prefabricados, donde la producción seriada es aprovechada al máximo, las condiciones ambientales del trabajador mejoran y cuentan con equipos y herramientas de la empresa (mayor inversión, para lograr elevar la productividad).

- Los trabajadores resaltan y valoran la posibilidad de aprender un oficio (en una partida) y de lograr la especialización en faenas repetitivas, oportunidad que según señalan los mismos trabajadores generalmente no se da en el área de la construcción tradicional. En esta última, un carpintero es destinado diariamente según las necesidades coyunturales de la obra, es decir, un día en moldajes, otro haciendo muebles, otro encielando y otro colgando puertas. Esta diferencia entre el “hacer” de esta obra y el “hacer” que conocen por su experiencia de largos años en el área de la construcción tradicional, está dada principalmente por el postulado fundamental de este “sistema industrializado: de producción en serie” repetitiva y dejando cada cuadrilla en un solo trabajo repetitivo, sin cambiar nunca de actividad, llegando así a la especialización en su partida, que es una porción de un oficio.
- Se observa un sentido de pertenencia fuerte a la Constructora, un orgullo por el trabajo que realizan, ellos realmente sienten que ha habido un cambio profundo en la calidad de las Casetas que construyen, y tienen la certeza que en la zona (V Región, Valparaíso), ellos son quienes mejor las construyen.

- El clima laboral, en su mayoría es valorado como muy bueno, hay tranquilidad para realizar las labores, los materiales requeridos están, y hay disposición por parte de los “jefes” de facilitar el trabajo.
- Cabe mencionar que en la evaluación económica del proyecto, realizada por un ingeniero civil industrial, este se sorprendió porque los obreros en general, estaban atentos a un permanente mejoramiento continuo, que el consideró como procedimientos propios de los sistemas de Calidad Total, lo que se relaciona con el sentido de pertenencia a la empresa y la satisfacción laboral, junto con una buena relación entre los obreros y sus jefaturas.

A la vez perciben el permanente mejoramiento en el sistema de construcción, aumentando la rapidez facilitándoles sus labores específicas. Esto va unido con la percepción que los trabajadores tienen, de que sus ideas son escuchadas, de que ellos aportan para ir mejorando el trabajo que realizan.

Se percibe una tranquilidad por la “estabilidad laboral” ya que saben que si se termina una obra y ellos han trabajado bien, los llamarán para la próxima, lo que se confirma en que si hay un tiempo de espera de 1 o 2 meses entre obra y obra, no van a otra constructora, esperando un nuevo trabajo en la constructora Caburga S.A.

## **CONCLUSION FINAL**

- ***¿ Cuáles son los cambios, atribuibles a la incorporación de industrialización ?***
- Los ordena y los dignifica en su calidad de personas.
- Elevan su nivel cultural y mejoran su comportamiento social., tanto en familia como en relación con su entorno.
- La repetición especializada de las labores, los capacita hasta la especialización, en su partida.
- Elevan la calidad y sus rendimientos (productividad laboral).
- Aumentan sus remuneraciones.

- Son leales con la empresa, asumen sus objetivos de servicio y calidad, actúan en la empresa, en términos participativos de mejoramiento continuo (calidad total espontánea, por el sistema de trabajo, que incluye la participación organizada de los trabajadores).
- Elevan su prestigio ante sus pares.

- **RESUMEN**

Se observan cambios muy positivos en la situación de los trabajadores, tanto laboral, personal, familiar, social y económica .

Estos son directamente atribuibles a la incorporación de industrialización.

Hay una directa relación entre la intensidad de beneficios y los diferentes grados de industrialización incorporados en las distintas faenas.

La Investigación total, se puede solicitar a ([marzacc@gmail.com](mailto:marzacc@gmail.com) o a [oszacc@gmail.com](mailto:oszacc@gmail.com))

## **1.6. TRABAJANDO + TRABAJANDO, TRABAJANDO:**

**TRABAJANDO Y APRENDIENDO**

**TRABAJANDO GENERANDO VALOR, PIB Y REMUNERACIONES**

**TRABAJANDO Y GENERANDO INNOVACIÓN.**

### **1.6.A. ROL DEL ESTADO:**

#### **+ INCLUYE UNA MANERA EXCELENTE DE GENERAR TRABAJO**

+ Lo primero sería que haya **voluntad política** de lograr el GRAN OBJETIVO.

Si bien este Programa Estratégico Nacional, parte de antes, como Programa de Estado a largo plazo, no se va a desarrollar sin la **voluntad política** de cada gobierno de turno.

+ No podemos olvidar que los índices comparativos con la OCDE, son dramáticos y nos exigen un esfuerzo y un impulso especial, con la colaboración de todos. Empezando por el Estado y su voluntad política e

masiva, reducen plazos de entrega y costos y permite un proceso de mejora continua incluyendo los sectores privados y universitarios.

+ Esta voluntad política debe expresarse en un impulso del Presidente de la nación, con instrucciones precisas a los Ministros involucrados, que deben transmitir esta voluntad y convertirla en acciones.

+ Sin esta voluntad política será muy pequeño el avance y arriesgamos no cumplir la meta del 2025, y para peor, podríamos aumentar la brecha con la OCDE.

+ Como **No nos olvidamos** que apuntamos a la Industrialización a nivel Nacional:

+ El Estado debe Despertar: Como lo hemos planteado, existe en el Ministerio de Economía a través de CORFO, el Programa Estratégico CONSTRUYE 2025 que tiene 15 líneas de acción, la mayoría puntuales, pero la Tercera es “Industrialización de la Construcción”. Se trata de Industrializar la Construcción, a nivel Nacional, en todos los ámbitos, para todo tipo de construcciones y especialmente en la Vivienda por su gran importancia.

+ **Esta línea no comparece hoy en los Ministerios que construyen**, aunque algunos han tenido conversaciones con CORFO Construye 2025. Pero aun no toman conciencia ni asumen que son parte del GRAN OBJETIVO, ni muestran comprender que es un imperativo económico urgente para el país, que nos llevaría a liderar en Latinoamérica (lo que no es mucho) y a reducir la brecha con la OCDE.

+ ¿Quién coordina a los Ministerios? (Ver Rol de CORFO). Lo primero, sería que se incorporen en forma potente tales Ministerios al Objetivo Nacional y lo tengan como IMPRONTA de todas sus construcciones. Esto significa participar con interés y fuerza en el Programa 2025 y aplicar sus principios. **Lo que ocurre es que no hay comunicación, ni con las autoridades de COTFO. Tarea CCI.**

+ Tendrán como beneficios: Mayor Productividad y Sustentabilidad en su Proyectos. Se expresa en menores costos y plazos y más calidad.

+ Mejor utilización de los recursos fiscales, con beneficios de calidad, elevación de la productividad laboral, aporte importante a la sustentabilidad ambiental y finalmente, todo va en beneficios para los usuarios y su calidad de vida.

+ Considerar que este Programa es una introducción a la Economía Circular.

## 1.6.B. UNA PROPOSICIÓN, (EXCELENTE) PARA GENERAR TRABAJO

### SISTEMAS DE LICITACIONES Y PROMOCIÓN DE INNOVACIONES

#### RENOVAR EL SISTEMA DE LICITACIONES MASIVAS

Para promover rápido avance del GRAN OBJETIVO.

¿Qué proponemos hoy? **Aprovechar** las condiciones de la Prefabricación y el círculo virtuoso del pasado y recrearlo al tiempo contemporáneo con LICITACIONES Y ADJUDICACIONES MASIVAS. **Aprovechar** el impulso de CORFO Construye 2025, a la Industrialización y Prefabricación, que también le otorga especial importancia a la Industrialización de la Vivienda Social.

#### **B.1. INNOVACIÓN TRABAJANDO. Una experiencia genial. (1965 a 70)**

+ El sistema de Licitación Masiva fue extraordinariamente exitoso (Digno de adaptarse hoy).

La diferencia está que en vez de hacer experiencias piloto, **se generó innovación TRABAJANDO**, al licitar y adjudicar a **varias empresas simultáneamente**.

#### **B.2. EXPERIENCIA EN VIVIENDA INDUSTRIALIZADA**

Podían participar Equipos Productores, formados por: Constructora, Arquitecto, Ingeniero Estructural, como mínimo. Luego, el equipo profesional, presentaba su proyecto, que debía obtener el Pase Técnico, con una revisión exhaustiva de los profesionales de la CORVI.

Una vez obtenido este Pase, las Constructoras quedaban habilitadas para participar de la Licitación, en forma de Concurso Oferta, es decir: proyecto y oferta económica.

+ El sistema de licitación era anual y establecía la adjudicación de varios Equipos Empresariales simultáneamente, resultando entre 10 y 12 adjudicados, para construir conjuntos de Viviendas, en terrenos aportados por la CORVI (Muy favorable para las PYMEs).

*(Cabe destacar aquí la trascendencia de que los terrenos fueran aportados por el organismo estatal. En esencia, se trata de no confrontar a las PYMEs con los grandes capitales, que tienen terrenos o capacidad para comprarlos, dejando fuera al 90% de las constructoras del país, y fuera del incremento de la innovación y del incremento de la Productividad y fuera del trabajo. Para efecto del Estado es cuestión de entregar los recursos antes. Para las PYMEs es de vida o muerte. Y para el 2025 no extiende el avance a todos).*

+ Cada año, salía una muestra de tecnologías innovadoras que se publicaron en libros, revistas de la época, (incluso de otros países) dejando constancia de los DIVERSOS sistemas constructivos, los cuales fueron progresando a través de la experiencia.

Este mismo sistema de licitación masiva se aplicó para los equipamientos comunitarios de los conjuntos, Escuelas, Centros sociales, Locales comerciales, Gimnasios, etc.

RESULTADO: Múltiples Tecnologías a la vista y en desarrollo, un inicio potente de la Industrialización de la Construcción en esa época, que estimo unos 20 años de ventaja sobre América Latina.

#### **B.3. EXPERIENCIA REMODELACIÓN SAN BORJA**

+ Otro excelente resultado de este sistema de licitación, fue la REMODELACIÓN SAN BORJA, que adjudicó 11 torres de vivienda de 20 pisos inicialmente en una licitación y llegó a 15, después de obtener los terrenos para esas 4. **Fue uno de los proyectos pioneros de desarrollo urbano, talvez el más importante, que además dejó muestras de diferentes soluciones arquitectónicas y constructivas.**

De hecho, todos los tipos de construcciones adjudicadas con Licitaciones Masivas, permanecen hasta hoy, y se pueden visitar, evaluar y publicar. Y han sido de las iniciativas más creativas, audaces, innovativas, exitosas y eficaces que he presenciado en mi amplio tiempo de ejercicio profesional.

#### **B.4. APROVECHAR ESTA EXPERIENCIA Y ADAPTARLA AL DÍA DE HOY** **PROMOCIÓN DE INNOVACIONES TRABAJANDO**

Es en esta área Estatal, en donde proponemos que se hagan licitaciones y adjudicaciones masivas, donde se pueda contratar a varios equipos empresariales simultáneamente, que propongan a través de sus bases, la Innovación y la Industrialización, la generación y desarrollo de Sistemas Constructivos Prefabricados e Industrializados, para diferentes tipos de edificios, Escolares, de Salud, Equipamientos Comunitarios, Deportivos, de Defensa, Policiales, Oficinas, etc. y la Vivienda Social. Imagínese la amplia muestra de Prefabricación y tecnologías innovativas construidas y evaluables en el tiempo. Tome en cuenta que esto es como una escalera, en que los nuevos proponentes parten de una grada ya lograda y avanzan una o más gradas en cada licitación. Y con tanta muestra y su publicidad normal, la industrialización se volvería “viral” y aumentaría su demanda. = Círculo virtuoso.

+ Además se puede destacar en la difusión, las ventajas de menores costos y plazos y aseguramiento de la calidad, mayor sustentabilidad ambiental, laboral y económica = ventajas para los usuarios y la gente. Sería un logro de Chile, que habría que celebrar.

Las licitaciones y adjudicaciones masivas son interesantes para las PYMEs, ya que varias pueden ser adjudicadas, en contraste con propuestas únicas en que es difícil competir con los grandes.

**Las PYMEs y la Productividad:** Si son el 90% de las 30 mil Constructoras nacionales, **son obviamente el OBJETIVO principal del aumento de Productividad**, además de parecer más fácil. Las Licitaciones Masivas las favorecen ampliamente y **pasarían a ser los sujetos de innovación y desarrollo profesional**.

Es importante recordar que este sistema de licitaciones y adjudicaciones masivas, resulta muy apropiado también para los casos de Reconstrucción, luego de nuestras constantes emergencias naturales.

### **1.7. EQUIPOS INTERDISCIPLINARIOS**

#### **INNOVACIÓN Y EQUIPOS PROFESIONALES INTERDISCIPLINARIOS PERMANENTES** **Rol del Arquitecto Tecnológico.**

##### **Posible Liderazgo. ¿Cómo definir un Arquitecto Tecnológico?**

+ Una Constructora que quiera iniciar este desafío virtuoso de industrializarse, no lo logrará, si no es capaz de formar su Equipo Interdisciplinario permanente.

+ A este equipo, deben pertenecer: La Dirección de la Constructora, con su alta gerencia, el Arquitecto. El Ingeniero estructural, los mandos medios, es decir los profesionales a cargo de las obras y a veces capataces y operarios.

+ Estos trabajan sobre una misma mesa, en forma presencial y conjunta, y van interactuando en cada parte del proyecto, enriqueciendo el avance hacia la línea de producción.

+ El caso del Arquitecto es especial. Puede que una Constructora contrate a un Arquitecto estrella

que después de hacer el proyecto, se desentiende. En tal caso el Arquitecto permanente, más involucrado en la Obra, deberá tratar de racionalizar el proyecto y participar en las otras instancias de la Construcción.

+ Los honorarios del Equipo Profesional Interdisciplinario permanente, no serán onerosos, ya que estarán asociados a Obras reales.

+ El Liderazgo del Arquitecto, no es un decreto, hay que ganarlo. Tiene la ventaja de partir con el Proyecto y conocerlo a fondo. Es siempre un coordinador de las especialidades y se puede involucrar en los Sistemas de Programación Seriada de Obras, en la secuencia de Partidas y en colaborar con los directores de Obra, a definir las cuadrillas especializadas.

+ Su manejo de la Programación como del Control, es inherente, pues se trata de cuadros geométricos.

+ La Arquitectura y la Construcción, se definen por geometría.

Demás está decir que los Equipos Interdisciplinarios son más que una asociación temprana a los proyectos. Deben ser permanentes y acompañar a la Empresa en este camino de mejoramiento continuo e innovación, más aun, si llegan a Prefabricar en Obra, diseñando sus propios diseños de Prefabricados, haciendo sus planos y controlando su ejecución.

Esto lleva a un salto en desarrollo profesional (formación de una parte del Capital humano) acompañado por fuertes rasgos de innovación. Círculo Virtuoso.

+ Softwares como **BIM**, son sin duda una **gran ayuda**, y son hoy indispensables y se deberán seguir promoviendo.

+ Pero no reemplazan el trabajo interdisciplinario de los profesionales, en una misma mesa, integran los proyectos, pero no a los proyectistas, el BIM es una importante herramienta de racionalización,

+ Estas técnicas, implican **producir en serie** e incorporar componentes prefabricados.

+ Los **prefabricados propios hechos en la obra**, se obtienen de la innovación que generan los equipos profesionales interdisciplinarios, en trabajo conjunto, en personas.

+ Softwares como **BIM**, son sin duda una **gran ayuda**, y son hoy indispensables y se deberán seguir promoviendo.

+ Pero no reemplazan el trabajo interdisciplinario de los profesionales, en una misma mesa, integran los proyectos, pero no a los proyectistas, el BIM es una importante herramienta de racionalización, pero no produce innovación, los profesionales integrados la producen.

## 1.8. ROL DE LAS INSTITUCIONES

### 1.8.A. ROL DE CORFO:

(Línea 3.- Industrialización de la Construcción) CORFO, el gran promotor.

El Programa Estratégico Construye 2025, es implementado por **CORFO del Ministerio de Economía**.

**Primera sorpresa:** que ese Ministerio aborde la Construcción. **Segunda sorpresa,** que los Ministerios de Vivienda y Obras públicas, no comparezcan (desde 2017), al igual que otros Ministerios que licitan edificaciones.

+ **Principal rol de CORFO, ahora,** estimo que **es Articular los diferentes Ministerios que construyen, o más bien, encargan construcciones**. CORFO y el Ministerio de Economía, es el creador de este Programa, es justo y más efectivo que haga la difusión en el sector público, hasta que los actores queden imbuidos de este Objetivo Nacional y comprendan y actúen de acuerdo a la responsabilidad que les corresponde. **Hoy esto no comparece.** Hay que hacerlo, antes de fin de año (2019) en que

se desliga y entrega la responsabilidad al CCI (Consejo de Construcción Industrializada), institución privada.

+ Revisar, a la luz de estos nuevos planteamientos, decisiones anteriores del Programa 2025 y hacer las correcciones correspondientes, al menos para que el CCI no las prolongue y aplique con algunas distorsiones.

+ Participar en el CCI con Autoridad, impidiendo las distorsiones que puedan generarse e incentivando acciones y planteamientos útiles para el Gran Objetivo, para que su desarrollo sea fluido, y no tenga obstáculos. Evitar que se impongan planteamientos de intereses particulares, en detrimento del bien común.

La Autoridad de CORFO en el CCI, viene del desarrollo y autoría del Programa, del inmenso esfuerzo y gasto, que ha implicado este desarrollo, que continúa. Por eso es necesario revisar y corregir, de acuerdo a nuevos antecedentes que aparecieron y ojalá sigan apareciendo.

+ En resumen, estimo que CORFO debería ser el custodio para que en este rubro se reduzcan las brechas lo más rápido posible, con el avance del Gran Objetivo: Industrializar la Construcción a nivel Nacional. Ni más, ni menos.

## **1.8.B. ROL DE LA CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN Y SUS CONSTRUCTORAS**

+ La Cámara Chilena de la Construcción: Inherentemente, le corresponde tener, la vocación de liderar todo el proceso de la Industrialización de la Construcción a nivel Nacional y de hacerlo avanzar, reduciendo la brecha de Productividad, Sustentabilidad que nos separa de los niveles OCDE y de paso, elevar la Competitividad de las Empresas.

+ El índice de la Industrialización aumentará en cuanto las Constructoras la apliquen.

+ Pueden ser los primeros en disfrutar de las ventajas competitivas de estos sistemas.

+ Pueden dar un fuerte impulso a las PYMEs como actores del Objetivo.

+ Este Programa es especialmente indicado para la Cámara, porque tiene los capitales, los mejores profesionales, porque es una asociación muy unitaria y que entre otras, tiene una extraordinaria CDT, motor de innovación, de sistemas de Métodos para aumentar la Productividad, de patrocinar múltiples proyectos de fondos de investigación (CORFO, CONICYT y otros).

+ En otras palabras, lo tiene todo para avanzar rápidamente en este OBJETIVO y dejar a nuestro país como ejemplo entre los emergentes mundiales.

*(NOTA: Muy recientemente se ha comunicado una virtuosa asociación del CCI con la CDT. Estimamos que abre una gran oportunidad para el liderazgo positivo de la Cámara. Julio 2019).*

+ Tomar en cuenta la importancia de la actividad de la Construcción en la economía nacional y en el empleo y además el aporte al aumento del Crecimiento de la economía nacional.

+ También tomar en cuenta el diagnóstico de los índices comparativos que maneja CORFO para generar este Objetivo Estratégico Nacional, de Estado.

## **1.8.C. ROL DE LA FORMACIÓN UNIVERSITARIA**

+ Hoy las Universidades, en las áreas de Arquitectura e Ingeniería asociada a la Construcción, no muestran interés alguno en el tema del Gran Objetivo Nacional.

+ Es una muestra más de la falta de articulación desde CORFO. El Gobierno de turno y los diferentes actores de la Construcción Nacional.

+ ¿Cuántos conocen Construye 2025? y ¿Cuántos se interesan por la línea 3 La Industrialización de la Construcción Nacional? y ¿Cuántos conocen las razones por las que se puso en marcha el 2025 y sus repercusiones en la economía nacional?

+ Estimo que la respuesta es casi nula.

+ ¿Cómo debería ser?

+ Las Universidades, en las áreas de formación relacionadas con la Construcción, se espera que asuman esta Cruzada por la industrialización Nacional.

+ Que entiendan que son responsables de la FORMACIÓN de los Profesionales que van a dirigir el País. Y que tienen que formarlos y enfocarlos hacia la Industrialización de la Construcción a nivel Nacional. Para que una vez titulados, donde estén, sean actores y promotores de este importante Objetivo, que incluye la innovación y el mejoramiento continuo.

+ Esto implica cambios curriculares y toca a los Acreditadores, que deberían ser los primeros en entender estos planteamientos, **nacionales** y estratégicos que nacen de CORFO y hoy están fuertemente presentes.

+ El rol de los Acreditadores sería, en esta área: abrirse a comprender esta Cruzada, tomar la bandera y encontrar la forma de inducirla en los planes curriculares de las Profesiones o ramos, relacionados con la construcción.

Si ellos no hacen esto, bloquean a las universidades, que no pueden dejar de acreditarse. Más bien debería ser una exigencia de liderazgo y modernidad para todas las universidades.

+ Esto también lleva a pensar cuál es la importancia de las líneas tecnológicas en las carreras, porque las líneas curriculares han aumentado en teorías y otros ramos, que siendo importantes, no son el mayor mercado o necesidad de la sociedad.

+ En Arquitectura, en mi experiencia, las competencias tecnológicas son lo que el mercado laboral aprecia y lo que la gente necesita. Y los constructores se quejan de proyectos muy bonitos pero que se encuentran en la obra, que deben resolver cómo se construyen. Proyectos universitarios o reales, sin todos los datos, detallados para construir, son incompletos. No corresponde a lo que necesita la sociedad.

Atención, los Acreditadores de Arquitectura.

En esta área ha existido una mínima labor, comparada con el total:

+ Curso de Innovación Tecnológica (en Industrialización), en Arquitectura de la Universidad Central, abarcando desde el primer curso hasta hoy, con unas pocas interrupciones. Casi todos esos arquitectos recibieron esa formación. Muchos están trabajando en esta área. Profesor Arq. Oscar Zaccarelli V.

+ Curso de Hormigón (con diseño en prefabricación) en 3er año de Arquitectura Universidad Mayor, Profesor Diego Mellado, Arquitecto U. Central (fue alumno de mi curso en la U. Central, es miembro del directorio del CCI y actual miembro del directorio de TENSOCRET); Curso electivo EA U. de Chile, profesor Arq. Francis Pfenniger B.

## **C.1. INNOVACIÓN Y EQUIPOS PROFESIONALES .**

### **Rol del Arquitecto Tecnológico.**

**Posible Liderazgo. ¿Cómo definir un Arquitecto Tecnológico?**

Estas técnicas, implican **producir en serie** e incorporar componentes prefabricados.

+ Los **prefabricados propios hechos en la obra**, se obtienen de la innovación que generan los equipos profesionales interdisciplinarios, en trabajo conjunto, en personas.

+ Softwares como **BIM**, son sin duda una **gran ayuda**, y son hoy indispensables y se deberán seguir promoviendo.

+ Pero no reemplazan el trabajo interdisciplinario de los profesionales, en una misma mesa, integran los proyectos, pero no a los proyectistas, el BIM es una importante herramienta de racionalización, pero no produce innovación, los profesionales integrados la producen.

Obviamente que industrializar la construcción, requiere no solo el trabajo profesional conjunto, sino que esto es necesario para implementar la INNOVACION que implica **crear prefabricados especiales a la medida de cada obra diferente**, con los aportes de todos.

+ Y se necesita valorar más **el trabajo del arquitecto** (tecnológico), que es el alma de todo proyecto, del cual depende cómo concebir la obra, sus materiales y sus componentes prefabricados y su estructuración. El arquitecto debe ser el principal innovador del equipo, especialmente en la racionalización que produce menor peso de componentes y por ende ahorro de material. No pueden estar aparte los empresarios, constructores, ingenieros calculistas y de construcción, los proyectistas de Instalaciones, ni los expertos en eficiencia energética.

+ Es necesario que las **Universidades** formen **competencias enfocadas en la industrialización**. En arquitectura, formar arquitectos tecnológicos, que son lo que más necesita el país, para elevar la productividad, mediante la innovación tecnológica y aportar soluciones constructivas de calidad; muy influyentes en los resultados de productividad general. Es un tema muy deficitario a nivel nacional, que debiera preocupar a los acreditadores y hacer equipo con CORFO en la cruzada por la Industrialización de la construcción nacional.

+ Todos estos aspectos son muy importantes porque **la industrialización de una Constructora comienza con los conceptos**, que se introducen y producen un cambio de mentalidad para afrontar nuevos desafíos y mediante la innovación, y por la vía de la Industrialización, aumentar su Productividad: deben desarrollarse para hacerla más competitiva.

## **C.2. ¿QUÉ ES UN ARQUITECTO TECNOLÓGICO? Intentos de definición.**

Podemos diferenciar lo general de lo particular.

### **1.- En lo general:**

Es un Arquitecto que domina materiales y sistemas constructivos, o tiene facilidad para asimilar y **evaluar** los sistemas nuevos y las nuevas tecnologías o materiales que aparezcan.

Es capaz de proyectar obras completas, con todos los detalles constructivos y definir casi totalmente cómo se construye su Obra. Y de innovar en sus soluciones constructivas.

Es capaz de comprender todas las especialidades que inciden en su proyecto y coordinarlas, incluso con el BIM. Especialmente en estructurar sus proyectos y hacer equipo con el Calculista.

Es un Arquitecto que ensambla perfectamente con las Constructoras y con los mandantes y es importante en los equipos interdisciplinarios, por sus visiones más allá de lo común.

Al ser el autor del Proyecto y coordinador de especialidades, está en una posición privilegiada para liderar el equipo interdisciplinario de la construcción. Pero eso no es un decreto: hay que ganarlo.

### **2.- En lo puntual:**

**El Arquitecto especialista.** Los hay en diferentes ámbitos: En Sustentabilidad y sus diferentes líneas, en BIM, en protección al Fuego e incendios, en Acústica, en Iluminación, en Instalaciones Sanitarias o Eléctricas u otras, en ser ITO, en dirigir Obras, en Materiales diversos y sus usos, etc,

No se pretende agotar los campos de especialización para los Arquitectos.

**Otras especialidades.** Arquitecto Constructor, Arquitecto con Industria del ramo, Arquitecto

Consultor en diferentes áreas, Arquitecto Docente en el área Tecnológica, Arquitecto especialista en algún sistema constructivo: como Tierra, Acero, Hormigón Armado, Madera, Prefabricación, etc. Arquitecto especialista en Hospitales, Escuelas, Universidades, Vivienda, Vivienda Social, obras Inmobiliarias, Centros Comerciales, Aeropuertos, estaciones de Metro, Oficinas, etc. Esto pretende definir el “título” de Arquitecto Tecnológico en los dos niveles expresados.

### **1.8.D. ROL DE LOS COLEGIOS Y PROFESIONALES**

+ Con mayor razón que las universidades, corresponde que asuman el desafío de Industrializar la Construcción a nivel Nacional.

Tanto los Directorios, como los Comités afines al Objetivo, es necesario que tomen la bandera y la expandan a las autoridades de gobierno vigentes (porque este es un tema de Estado), promoviendo su avance y su compromiso. ¿Están realmente comprometidos con este noble Objetivo?

Hoy no existe este compromiso, salvo en dos instituciones que pertenecen al CCI (Consejo de Construcción Industrializada) Una de la U. de Chile y una de la U. Católica. Ambas de Ingeniería. La EA USACH (Escuela de Arquitectura USACH) apoyó mi planteamiento y publicó una Separata de la Revista Arteoficio 11, que es un buen resumen básico de estas ideas.

### **1.8.E. ROL DEL C.C.I.**

Los miembros del CCI están comprometidos, pero somos solo unas 50 personas, algunos son representantes de empresas con más gente.

El CCI existe, pero está en formación.

Pero mientras esto avanza, se pueden realizar y promover acciones.

Se podría iniciar estudios de cómo adaptar al día de hoy las Licitaciones Masivas. De cómo capacitar a los Funcionarios Públicos para que tomen la bandera del Gran Objetivo. También avanzar en la Urgente necesidad de investigar hasta dominar las Programaciones Seriadas, primera característica de la Industrialización.

Muchas de estas labores de difusión, coordinación y estímulo, pienso que corresponden a CORFO: ¿Cómo generar trabajo con altos contenidos de innovación, desarrollo Profesional y equipos interdisciplinarios innovadores, elevar sustancialmente la Productividad Laboral del sector y dar empleo intensivo, también a los Profesionales.

## **1.9. ALGO SOBRE LA INDUSTRIA PROVEEDORA DE PREFABRICADOS**

+ **Actualmente la tendencia es a la robotización:** BAUMAX: US\$ 44 millones (valor 2017)

Produce paneles planos de Concreto, de cualquier diseño, con vanos y formas a pedido, pero limitados por el ancho de transporte.

+ Últimamente ha ampliado su servicios a productos de muros,, losas, escaleras, más las asesorías completas de llevar un proyecto simple, al BIM y a la panelización, y luego a la fabricación, transporte y montaje. Son servicios de gran ayuda a una actividad tan atrasada en la Industrialización.

+ Afortunadamente, esto ha garantizado su ocupación intensa, que esperamos se mantenga.

+ Sin embargo, como lo hemos mencionado, hay otras industrias de menores costos, entre las cuales hay **tecnología chilena** y son bastante adaptables a las diferentes obras.

+ **TENSOCRET**, en el otro extremo: US\$ 2 millones (valor 2018). Tecnología chilena.

Produce variados componentes como columnas hasta 4 pisos, vigas y losas, escaleras, pasarelas sobre carreteras, graderías para estadios, componentes de cerramientos de fachadas, etc. Lo aplican

en edificios de oficinas y habitacionales, hasta 8 y 9 pisos, escuelas, hospitales, y principalmente en naves industriales de grandes luces. De su fábrica en Santiago, los han transportado hasta Puerto Montt y hasta Arica, y también han fabricado a pie de obra: llevan más de 2 millones de m<sup>2</sup> construidos.

+ Hay varias industrias de Prefabricados en el mercado nacional, que no detallamos, pues se encuentran en internet.

+ Pero vale la pena destacar una fábrica de origen boliviano: HORMIPRET, muy innovadora, que comprendió que el mercado nacional comienza por las Losas de Entrepisos, generando diversas soluciones para resolver los diferentes requerimientos de una variedad de proyectos.

Obviamente que la prefabricación no termina con prefabricar la estructura (alcanza hasta el 20% del costo total), pudiendo abarcar varias partidas más de la obra, que surgirán cuando se aprecien sus beneficios y se piense más en forma industrial. Sin embargo, hoy se prefabrican baños y cocinas completamente terminados como módulos tridimensionales que se colocan directamente en obra, y también escaleras. También existen paneles interiores con yeso cartón, paneles SIP de Louisiana Pacific, paneles Cintac de Metalcon, a la medida, y otros ejemplos del área estructural y de las terminaciones.

**+ Es importante precisar** que las industrias de prefabricados no tienen stock de productos, como la industria manufacturera. Solo hacen componentes a pedido, facilitando así la adaptación a los diferentes proyectos.

+ También se debe considerar que las estructuras de esqueleto, como las de Concreto o Acero, obligan a resolver el cerramiento exterior, problema complejo por todos los aspectos que involucra. Se fabrican hoy en H.A. paneles de antepechos y muros hasta de 4 pisos, del ancho del transporte (2,4 m), que se pueden conectar en obra. Hay varios tipos de Componentes disponibles de otros materiales, para revestimientos exteriores.

+ En resumen, existen muchos productos prefabricados para adquirir y que facilitarán la obra gruesa y algunas terminaciones, reduciendo plazos y los costos correspondientes y ejecutados por especialistas.

+ Lo habitual es que los componentes prefabricados resultan de mayor calidad que los hechos en obra con sistema tradicional, de mayor precisión geométrica y con menos tolerancias dimensionales, resistencias más controladas, más aun si se considera que generalmente se entregan montadas, debiendo ejecutar el proveedor, las fundaciones, que es donde nace la precisión de todo el proyecto.

+ Considerar también que la tendencia actual es incorporar sistemas de atenuación sísmica, que se incluyen en esta provisión de las estructuras de obra gruesa, labor especializada, que además reduce los esfuerzos dinámicos, economizando estructuras (Ejemplo: Obras Tensocret de Talca, 2018 Y 19).

+ Tomar en cuenta que, cuando usamos estos tipos de prefabricados estructurales, las terminaciones deberían tender a avanzar a la misma velocidad, para reducir plazos, apenas se vayan habilitando los recintos, lo que se obtiene con la Programación Seriada de la Obra..

+ Resumen: Múltiples Beneficios.

### **1.9.A.- INDUSTRIAS DE TECNOLOGÍA CHILENA**

+ Sin embargo, valiosas Industrias Productoras de Prefabricados existentes, han vendido componentes para múltiples Obras. Algunas, no son tecnologías compradas al extranjero, sino que generadas en Chile, con mucha e interesante innovación, permanente y en desarrollo, que de alguna manera, corresponden a nuestro planteamiento.

+ Este tipo de Empresas deben permanecer, desarrollarse y estimularse \* Son generadoras de tecnología propia nacional en innovación creciente y \* Son promotoras de la Prefabricación para las Empresas Constructoras, las cuales aprovechan sus Beneficios. \* Se adaptan más fácilmente a las diferentes obras. \* Son generadoras de empleos de calidad, tanto en el sector profesional, como en operarios.

## CLARIFICACIÓN SEMÁNTICA Y DEFINICIONES

Diferenciar cuando hablamos de Concepto, Acción o Producto

CONCEPTO	ACCIÓN	PRODUCTO
Industrialización	Industrializar	Industrializado
Prefabricación	Prefabricar	Prefabricado
Prefabricación s/fábrica	Prefabricar en obra	Al alcance de todos
Amortización cero	Incluir en el presupuesto	Sin deuda al terminar
Industrialización Conceptual	Pensar como industriales	El gran Objetivo

### ¿Qué es Construcción Industrializada?

Se escucha que es la que contiene Prefabricados. Es la definición imperante y no es una mala definición.

**Pero también y mejor, podría referirse a la Industrialización de las Constructoras, es decir: Organizar las Obras de Construcción en Producción Seriadada, como en la industria manufacturera, incluyendo la especialización de los operarios en paridas que nunca cambian de actividad.**

Lo que ocurre, es que la definición imperante, opaca a la industrialización de las Constructoras y sus Obras, que son el GRAN OBJETIVO. Es otra vez, el problema del FOCO y de cuál es el SUJETO.

Implica que aun no se distingue entre los proveedores de materiales, en este caso, de los Prefabricados; del Sujeto que es La Constructora y sus Obras, donde se encuentra estancada la Productividad.

### ¿Qué es Industrialización de la Construcción?

Es la Industrialización de las Constructoras y sus Obras.

Consiste (como lo hemos dicho) en Organizar las Obras en Producción Seriadada, Repetitiva, más especializar las cuadrillas de operarios en partidas repetitivas, que nunca cambien de actividad

NO ES INCLUIR PREFABRICADOS, aunque son un gran aporte, pero limitado en el porcentaje del costo de la Obra, en la que pese a ser un insumo, constituye introducción de productos industrializados.

Solo con Prefabricados, no hay industrialización de la Obra ni de la Mano de Obra.

## 1.10. REDUCCIÓN DE PLAZOS : SU IMPORTANCIA

+ Una mayor velocidad en la ejecución de las obras es de gran importancia para sus resultados económicos finales. Esto se observa directamente en el ahorro en gastos generales por mes, en mano de obra, leyes sociales, pagos de feriados y vacaciones, menores aguinaldos y regalías. También en honorarios de profesionales y ejecutivos de obra, capataces (habitual y equivocadamente pagados a sueldo y no por producción). Los efectos en las utilidades y en la

rentabilidad, tan ligada al tiempo y velocidad de la inversión y recuperación de los recursos. La oportunidad de aumentar la facturación, al poder hacer más contratos por año. La reducción de pérdidas de materiales o de robos. Ahorros de arriendos inmobiliarios y de transporte y combustibles. Todo ello redundará en un mayor prestigio de la empresa y una mayor satisfacción de los clientes al recibir sus obras de calidad y anticipadamente. En la satisfacción laboral, que permitirá mantener sus operarios más eficientes. En la Sustentabilidad que implica, entre otros, menores ruidos, emisiones de residuos y polvo, y quema de combustibles. En resumen, más Competitividad debido a mayor Productividad general y mayor Sustentabilidad, que se aumenta por los Plazos debidos a la industrialización.

+ Pero otro factor importante es que al reducirse los plazos, hay un aporte fundamental de la Mano de Obra, ya que aumentaron sus rendimientos para producir ese Plazo. En el caso de la Obra monitoreada por el FDI del CPC, el Plazo se redujo a la mitad, lo que significa que duplicaron sus rendimientos. Y eso se debió a la Producción Seriada de Obra y a que las cuadrillas nunca cambiaron de actividad durante toda la Obra. Si consideramos que el PIB de la Obra, permanece, se ejecutó con la mitad de hombres / día considerados en el presupuesto, elevando la relación PIB / hombres empleados = Más Productividad, debida a la Industrialización. Razón tiene Construye 2025.

## **1.11. PRODUCTIVIDAD LABORAL – Industrializando la mano de obra.**

### **Capacitación de la mano de obra TRABAJANDO**

No es independiente, es parte de una Industrialización nacional. El primer requisito es **programar el avance de obra en forma seriada, repetitiva**. Luego decidimos que cada cuadrilla nunca cambiará de partida, hasta el fin de la obra. Significa que estamos especializando conceptualmente a los obreros. Nuestra experiencia, es que obreros sin preparación, se especializan en 30 días hábiles, en su partida. Eso está avalado por más de 2 millones de m<sup>2</sup> programados en serie por el Ing. Ramón Undurraga Montes.

Si concebimos la mano de obra de la construcción como mano de obra industrial, en vez de artesanal, así como en la industria manufacturera se recibe mano de obra sin calificar y se aprende por repetición de las actividades. Se escuchan opiniones: que los obreros con una partida, no completan el oficio, es porque piensan en construcción artesanal, con oficios. Al industrializar la mano de obra, se capacita TRABAJANDO, por actividades repetitivas, al ritmo de la obra. Y llegan a la especialización y aumentan su rendimiento. En nuestra experiencia, hay obras que se hicieron en el 50 % y 60 % del plazo y la mano de obra respondió con aumento de los rendimientos, en todas las partidas. Por eso aumentaron sus remuneraciones, ya que los tratos normales se pagaron en casi la mitad del tiempo, sin que la empresa gastara más en mano de obra y los obreros recibieron mayores pagos quincenales, ganados por su producción. Eso es productividad laboral, sin capacitación previa ni enorme gasto.

Como queda a la vista, es un asunto previo a la obra, que pertenece a la **industrialización conceptual**, ya que conceptualmente especializamos las cuadrillas al destinarlas solo a **una** actividad, repetitiva, sin saber aun quiénes serán, luego, en la Obra, se realizan estos objetivos, y se han obtenido los resultados descritos. Es el concepto de la mano de obra industrial.

A **nivel país**, siempre ha existido una angustia por la capacitación de la mano de obra de la construcción porque se piensa en los oficios de la construcción tradicional. Pero, si nos enfocamos

en el concepto de mano de obra industrial, y hacemos programación seriada, la mano de obra se capacita trabajando, por repetición. Para que esto tenga repercusión nacional, habría que lograr que las empresas se industrialicen conceptualmente y pongan en práctica las técnicas de industrialización. Como se aprecia, la elevación de la productividad laboral no se puede abordar sola, requiere de un enfoque integral de industrialización, y de productividad total, en todas las partes, incorporando conceptos de Industrialización y elementos componentes Prefabricados junto con una racionalización extrema de los diseños, que redunde en una importante menor peso, mayor eficiencia, menores plazos y costos, junto con el aseguramiento de la Calidad, conceptos incluidos en una mayor Productividad y Sustentabilidad.

## **1.12. NUEVA CONFORMACION: EXPEDIENTE de ARQUITECTURA PROPOSICIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA PROYECTAR EN PREFABRICACION**

SE GENERA UNA INNOVACION: NUEVA CONFORMACION del EXPEDIENTE de ARQUITECTURA Para obras Industrializadas y con Prefabricación y ESTE EXPEDIENTE se universaliza para todo tipo de Obras. Incluso en las más tradicionales, mantiene sus beneficios, como herramienta de ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD y de menores plazos.

Para obras con Prefabricación.

La METODOLOGÍA, en cuanto ETAPAS del PROCESO PROYECTUAL, define clasificación y división del EXPEDIENTE DE ARQUITECTURA en 3 SUB EXPEDIENTES.

**METODOLOGÍA PROYECTUAL:** Para Obras con Prefabricación.

**Etapas del proceso proyectual y partes del Expediente de Arquitectura.**

### **ETAPA 1: Conformar el sub expediente de PLANOS DE ARQUITECTURA**

Su objetivo es: Entender, la concepción general de la obra. Exponer el proyecto, para encantar al cliente. Deben ser planos bellos, con sombras y colores, con perspectivas y animaciones.

Además: adicionalmente Planos para permiso municipal. Estos planos deben incluir la estructuración del proyecto y su panelización. Implica elegir material y dimensión de componentes.

**PRESENTACIÓN:**

**Planos generales:** Ubicación y Emplazamiento

Todas las Plantas, Elevaciones y al menos 2 Cortes: Escalas 1:50 o 1:100, según cada caso.

Dibujar Panelización y mostrar Estructuración del proyecto.

Acotar todo, pero solo lo estrictamente necesario.

Deben ser planos bonitos, con colores y sombras. Hacer renders o perspectivas varias para apreciar la calidad del proyecto. Están dirigidos a encantar al Cliente y servirán para comprender el total de la Obra.

### **ETAPA 2: conforma sub expediente de PLANOS DE MONTAJE**

Su objetivo es: La Construcción de la Obra, Construir el proyecto de Arquitectura. Deben ser Planos Completos, para Construir. Son los planos de la Obra. No olvidar que la Obra es el objetivo de un proyecto. No hay arquitectura, mientras no se construye. Es en la obra donde se genera valor. Por tanto, todo está enfocado en facilitar la construcción = la Obra.

**PRESENTACIÓN:**

**Planos generales:** Todas las Plantas, Cortes (y Elevaciones) Escalas 1:50 o 1:25 o 1:20, según cada caso

Estos planos deben contener todos los detalles de cada parte que aparece. Si bien se imprimen a escalas pequeñas, y no se ven los detalles, en ellos debe aparecer todo, por la facilidad del computador de poder agrandar y achicar, para incluir detalles.

En ellos se marcarán los sectores a detallar con un círculo y se designan. (Se sugiere guiarse por la Planilla de Cálculo: Cortes Horizontales, con Números. Cortes Verticales, con Letras).

**Planos de Detalles:** Cortes Horizontales y Cortes Verticales Escalas 1:5 o 1:2 o 1:1, según cada caso

Deben ser extraídos de las plantas y los cortes generales, y cambiar su escala y señalar todos los materiales contenidos en el lugar donde están. Deben definir especialmente las Juntas o Uniones de Componentes, que serán los bordes de Componentes Prefabricados. Acotar todo, pero solo lo estrictamente necesario.

**- Son los planos de Construcción.**

**Esto genera un cambio:** Antes se construía por planos de estructuras.

Ahora, se trabaja en equipo estrecho con el Ingeniero Estructural, al punto que los planos de montaje incluyen los detalles de estructura, pudiendo liberarse al calculista, de dibujar planos. (Tenemos experiencias en 2 pisos). Ambos firman los Planos de Montaje y en las especificaciones se deslindan responsabilidades.

**Resultado: perfecta coordinación entre plano de Arquitectura y Cálculo. Con ello se ha superado otro de**

**los grandes problemas de la Calidad, además de la precisión geométrica, y la coordinación dimensional y el aprovechamiento de materiales.**

### **OBSERVACIÓN FUNDAMENTAL:**

Los planos de Montaje (como se ha dicho), deben incluir todos los detalles de materiales que incluye la Obra. De eso deben dar cuenta estos planos, más allá de los requisitos planteados.

Siendo así, deberían aparecer todos los Componentes Prefabricados, perfectamente identificados y al detallar las juntas o uniones, se deben mostrar y definir las tolerancias.

Los Planos de Montaje tienen sus escalas adecuadas a cada caso, donde no se ven los detalles. Pero al dibujar en CAD se agranda y achica el dibujo, muchas veces hasta escala doble natural, instancia para precisar todos los detalles del contenido de la Obra. Los detalles constructivos señalados en los requisitos de los planos de Montaje, también deben extraerse de ahí, cambiando la escala y acotando y colocando las notas correspondientes en los lugares donde están, sean materiales u otros.

ENTONCES, de esos planos de Montaje se extraen los Prefabricados para los Planos de Fabricación. Cambiándolos a escala adecuada en sus plantas cortes y elevaciones y sus detalles correspondientes para definir todas sus particularidades.

NUNCA SE DEBEN DIBUJAR APARTE TANTO DETALLES DE MONTAJE COMO PLANOS DE COMPONENTES PREFABRICADOS. Con esto se garantiza la exactitud de los Prefabricados, evitando el bochorno de llegar con un prefabricado que no calce en su lugar.

### **ETAPA 3: conforma sub expediente de PLANOS DE FABRICACIÓN**

Planos dirigidos a la Fábrica o Taller de Fabricación.

## PRESENTACIÓN:

### **Planos generales de cada Componente Prefabricado:**

Elevación y cortes generales Escala 1:25 o 1:20 (o 1:50) según cada caso.

Señalar y designar detalles.

**Planos de Detalles:** Cortes Horizontales y Cortes Verticales Escalas 1:5 o 1:2 o 1:1. Según cada caso.

Acotar todo, pero solo lo estrictamente necesario.

Colocar notas de materiales u otras, en los lugares donde están dibujados.

Estos planos deben definir totalmente todos los componentes prefabricados, para que un maestro los pueda fabricar. No debe faltar ningún detalle.

## **ETAPA 4: AJUSTAR TODO**

A medida que se avanza en el proyecto y sus sub expedientes, se producen ajustes que lo van mejorando. En esta Etapa Final, corresponde incluir estos ajustes en todos los planos, dejándolos totalmente coordinados. Se deja constancia que cuando ya se adquiere experiencia, no hay etapa 4 porque se va ajustando permanentemente.

## **1.13. ¿ QUÉ NOS FALTA ?**

### **A. Lo más IMPORTANTE, EL MAYOR ATRASO:**

**Organizar las Obras en forma de Producción Seriado, Rítmica y Repetitiva.**

**DESARROLLAR MÁS PROFUNDAMENTE LOS SISTEMAS DE PROGRAMACIÓN SERIADA DE AVANCE Y CONTROL DE OBRAS REPETITIVAS Y ADEMÁS LAS SINGULARES Y DISÍMILES, PARA SU PRONTA APLICACIÓN.** (Ver 1.2-C C.4.- )

+ **Difundir y aplicar** la Programación Seriado Vectorial en el estado actual, para que sirva de base a desarrollos futuros

+ **Desarrollar todas las programaciones derivadas** del avance de obras, como: suministro de materiales, contratación y despido de mano de obra, flujo de caja, etc. y los controles respectivos.

### **B. Conformar los Equipos Empresariales Interdisciplinarios Integrados**

Para que desde el origen: simplificar proyectos y hacerlos aptos para prefabricar componentes y lograr su optimización. Es racionalizar a fondo los proyectos, para bajar peso (e insumos) de componentes), reduciendo materiales y producción de escombros (Coordinación Dimensional).

**C. Difundir más el programa: CORFO 2025** del Ministerio de Economía, sobre industrializar la construcción nacional y la Urgencia de elevar la Productividad y Sustentabilidad.

+ Impregnar en este Programa Estratégico, a los Ministerios de la Construcción y los que construyen infraestructura, así como a las Universidades, los Colegios Profesionales y la Cámara Chilena de la Construcción.

+ Señalar las ventajas para Chile, su URGENCIA y su trascendencia.

### **D. Difundir:**

**INDUSTRIALIZACIÓN SIN INDUSTRIA y la PREFABRICACIÓN SIN FÁBRICA.**

Universalizar la industrialización conceptual (costo cero), especialmente en las Universidades y más aún en las Escuelas de Arquitectura. Pero también todo el estado a través de sus medios de

difusión. Debería ser una campaña, por EL GRAN OBJETIVO

## **E. RENOVAR LOS SISTEMAS DE LICITACIONES Y PROMOCIÓN DE INNOVACIONES**

**Muy importante:** Establecer los sistemas de licitaciones masivas, con adjudicaciones múltiples (tipo Concurso Oferta) para impulsar la innovación nacional, ya detallado antes, solicitando sistemas constructivos prefabricados e industrializados, para mejorar la posición de Chile en Productividad y Sustentabilidad.

Camino muy superior a obras piloto y estudios diversos, ya que innovamos TRABAJANDO, sobreviviendo económicamente, aumentando el PIB y dejando a la vista múltiples innovaciones tecnológicas.

## **F. INCENTIVAR EL PERFIL TECNOLÓGICO DEL ARQUITECTO**

### **1.14. BENEFICIOS DE LA INDUSTRIALIZACION EN LA CONSTRUCCION**

Aumentan: la Productividad, la Competitividad de las Empresas y Progreso para el País.  
(Parcialmente enfocados en la Prefabricación sin Fábrica = en Obras)

#### **1.14-A BENEFICIOS LABORALES**

Gran estímulo para los Obreros. **PRODUCTIVIDAD LABORAL.**

##### **A.1.- Mejores condiciones Ambientales y de Seguridad y de trabajo.**

Los Talleres de Prefabricación, suelen ser tres: Madera, Acero y Concreto.

Cuentan con al menos un cobertizo y a veces algunos cerramientos de muros. Esto los protege de sol, lluvia (no paralizan), y corrientes de aire en invierno: estimulan el trabajo.

##### **A.2.- Mejor equipamiento de herramientas y accesorios.**

Cuentan con herramientas de la Empresa, en vez de la limitación de capital de las herramientas propias. Cuentan con organización profesional, con toda clase de elementos de apoyo para facilitar y acelerar la producción y superar sus rendimientos y de paso, reducir tiempos.

**A.3.- Mayores Rendimientos**, por lo ya explicado, sumado a la Producción Seriada y masiva, en Taller de Fabricación y por mayor Calidad controlada.

**A.4.- Capacitación y Especialización** trabajando en producción Seriada Repetitiva y Masiva, obtiene además elevación de Rendimientos y Calidad.

**A.5.- Mayores remuneraciones**, hemos comprobado que redundan en mayor dignidad de los trabajadores y de sus familias, mayor lealtad con la Empresa; sin elevar los costos de Mano de Obra, ya que resultan de tratos y mayores rendimientos y comprimiendo los plazos. Las han ganado por su mayor Productividad Laboral.

##### **A.6.- Mayor Productividad Laboral, apoya la reducción de Plazos.**

Si la Prefabricación permite producción seriada simultánea en taller de fábrica y en Montaje de obra, establece una reducción de plazos. Esta reducción se apoya e incrementa por los mayores rendimientos adquiridos por la Producción Seriada Repetitiva. De este modo, según nuestra experiencia, si la obra se hace en el 50% del plazo, los Rendimientos Laborales se duplicaron, ya que se planificaron con los rendimientos establecidos como normales.

Esto significa que el contrato se realizó con el valor establecido, pero en menor Plazo, lo que no cambia el Valor Agregado o PIB de la Obra. Pero como se empleó la misma cantidad de hombres, pero en la mitad del tiempo, ahí está el aumento del índice de Productividad: Porque si la

Productividad se mide anualmente, la relación PIB / hombres empleados, se duplica

## **1.14-B BENEFICIOS ECONOMICOS.**

Estímulo para la Empresa. Productividad Empresarial.

**B.1.- Menores insumos de Mano de Obra**, por aumentos de Rendimientos y Calidad (no hay que repetir faenas, ni hacer remates posteriores). Si el Plazo se reduce a la mitad, se pagaron los tratos con aumentos de remuneraciones, pero según lo presupuestado inicialmente. Nadie les regaló nada, ellos se lo ganaron. Sin embargo, al terminar la obra 6 meses antes, se ahorra: la previsión, las vacaciones correspondientes, los feriados y las indemnizaciones por despidos. Conclusión: Círculo Virtuoso: gana la Empresa, ganan los Operarios y gana el Mandante y los Usuarios de la edificación.

**B.2.- Menores insumos de Materiales.** Se busca reducir pesos de los elementos, para transporte y montaje (ya dicho) para lo cual se extrema la racionalización, aportando reducción de materiales. Pero esto redundaría en el menor costo de Obra, muy incidente, ya que en muchas obras, los materiales pueden llegar al 70 % del Costo Directo.

**B.3.- Menores Plazos.** Nunca bien ponderado el Plazo. Es propio de la Construcción.

Una manera de elevar las utilidades y con más razón la rentabilidad, es reduciendo plazos.

Además, si una Empresa reduce sus plazos a la mitad, podría hacer el doble de obras por año, duplicando sus utilidades. Bajo el punto de vista del Cliente, es un menor Lucro Cesante, el uso de los bienes con anticipación, que significa economía y satisfacción. Pero ¿a qué se debe este menor plazo? A la producción simultánea en Taller de Fabricación y en Obra (Montaje). Este Montaje resulta más veloz, por incorporar elementos Prefabricados con mayor terminación (comparado con obra tradicional, que elabora los materiales en terreno).

**B.4.- Mayor Competitividad.** Nacional e Internacional, para la Empresa. Los menores costos, menores Plazos y mayor Calidad y Productividad, le deben dar mayor participación en el Mercado.

**B.5.- Ingresos por Royalties.** Nacionales e Internacionales. Es posible que los estudios e investigaciones, terminen produciendo patentes innovadoras, que permitan “arrendar” estas tecnologías y obtener Royalties por ellas. En el Grupo Simplex Cepol, al que pertenezco, por mucho tiempo gozamos de ingresos por royalties, dando licencias por el Sistema Constructivo.

Es un estímulo para los Profesionales Innovadores.

## **1.14-C BENEFICIOS TECNOLOGICOS.**

Son estímulo para el País

**C.1.- Aumento de la Calidad.** Por más especialización, por Prefabricación, mayor control, por mayor organización y medios, que reducen errores. Comprobado por las experiencias,

**C.2.- Aumento de la Innovación.** Aquí estamos desarrollando habilidades profesionales poco habituales en el medio de la Construcción. La capacidad de Innovación, de hacer las cosas de otra manera, que aumente la eficiencia. Es un camino multiplicativo. Porque cada vez que analizamos soluciones tecnológicas innovadoras, hierve nuestra mente, se nos ocurren mejoras o se nos abren posibilidades diferentes, de aspectos que se podrían desarrollar. Es la sentencia: La Tecnología genera Tecnología. Surgen nuevas ideas, se pueden crear otras mejoras, otras Tecnologías y Soluciones.

**C.3.- Generación de nuevos Sistemas o Componentes.** Dijimos que cuando una solución se repite, es porque se ha llegado a un nivel de eficiencia. Es el nacimiento de un nuevo Componente Industrializable, abierto al Mercado, es una fuente de Producción abierta, que puede llegar a

patentarse y a la exportación.

**C.4.- Desarrollo Tecnológico Profesional.** Producido por la mayor Innovación y posibilidades de nuevos productos y acostumbramiento y búsqueda permanente de la Innovación. No es menor este tema: está establecida la “Capacitación del Capital Humano” que se compone, a mi juicio, en Profesionales y Obreros. El desarrollo Profesional corresponde a la parte Dirigente, que genera y organiza la implementación de las innovaciones, que a la larga inciden favorablemente en los Operarios, conformando un equipo empresarial totalmente unitario. El desarrollo de la innovación Profesional, colabora con la innovación nacional, índice del desarrollo.

## **1.14-D BENEFICIOS DE SUSTENTABILIDAD**

Para el Medio Ambiente y la Gente: Calidad de vida. Debe quedar constancia que solo se han detallado los Beneficios que aporta la Industrialización de la Construcción, ya que los Proyectos y las Obras requieren abordar muchos otros aspectos de este tema. Por otro lado, aquí ya se expresa la amplitud del entendimiento sobre la Sustentabilidad, abarcando varios rubros.

### **D.1.- BENEFICIOS AMBIENTALES**

En general, la Construcción produce 2 grandes contaminaciones en el terreno, durante el período de ejecución de las Obras. Estas son **Ruidos y Polvo**, en lo principal.

Con la Prefabricación, se reducen los ruidos, ya que las obras con Prefabricados traen componentes con muchas terminaciones incorporadas, que se van a colocar en un proceso de Montaje, casi sin polvo ni ruido. Por otro lado, la velocidad de la obra, permite reducir los tiempos de emisiones. Además, se reducen los escombros, los residuos. Termina por ser altamente favorable. Pero ¿Quién valora esto? ¿Cómo se premia o castiga?

### **D.2.- REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE MATERIALES Y ESCOMBROS**

La Prefabricación reduce el insumo de materiales, debido a que los proyectistas extreman recursos para bajar el peso de los Componentes, afectos a transporte y Montaje, que a veces es manual. Por otro lado, la coordinación dimensional, como parte de la siempre existencia de racionalización de los proyectos, logra reducir los cortes y pérdidas de materiales, que generan escombros.

### **D.3.- SUSTENTABILIDAD ECONÓMICA**

Las técnicas expuestas de Industrialización de la Construcción, reducen Costos y Plazos y aumentan la Competitividad, como fue expuesto en varias partes.

### **D.4.- SUSTENTABILIDAD SOCIAL**

Es muy importante. eleva la condición social de los obreros, que entran sin ser calificados y luego son especializados, con mejores rendimientos, que aumentan sus remuneraciones, además Beneficios de recibir sus tratos, en un menor tiempo de obra. Esto repercute en el estatus entre sus pares y en mejores relaciones familiares.

**EN RESUMEN: ESTOS BENEFICIOS DAN MAYOR COMPETITIVIDAD  
A LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS**

# CAPITULO 2.-

## 2.1. CONCEPTOS ESTRUCTURALES BÁSICOS

Especialmente para formación Universitaria

### 2.1-A. LA INERCIA como resistencia a la Flexión

En la experiencia académica, se inicia con un ejercicio (o dinámica):

Se establece un perfil de acero doble T de 20 x 20 cm hecho con planchas de 10 mm soldadas.

Son vigas de 6 m de luz, simplemente apoyadas.

Si visualizamos su sección, veremos que se puede colocar de 2 maneras:

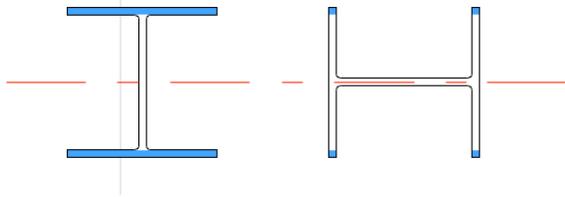
La de la izquierda con 2 planchas horizontales y la de la derecha con 2 planchas verticales.

Se pregunta ¿Cuál de las posiciones trabaja mejor, resiste más; y por qué?

La pregunta se refiere al sector central de las vigas, donde está su momento máximo de flexión, no tomar en cuenta los apoyos.

¿Quiénes están por la solución de la izquierda y quiénes por la de la derecha?

Hay un debate, hasta que, solo a veces, un estudiante da el argumento definitivo que clarifica los conceptos: Que la solución de la izquierda posee más superficie en las fibras extremas, que trabajan a compresión y tracción, sirviendo las verticales, para conectarlas resistiendo el esfuerzo de corte.



**El arquitecto es quien estructura sus proyectos.** Es obligación del arquitecto, saber estructurar sus proyectos, es una responsabilidad muchas veces no cumplida. Eso implica saber cómo trabajan las estructuras, y un trabajo en equipo con el calculista:

**A. En cuanto a cargas horizontales:** cómo se arriostran, qué ocurre con las torsiones.

Aquí es conveniente tener una pauta general de cálculo de secciones de arriostramientos, o del corte basal de cada piso, para tener una idea de las secciones necesarias, que después calculará el ingeniero o arquitecto estructural, especializados en el área.

**B. En cuanto a las cargas verticales,** conociendo a fondo el trabajo de flexión y sus derivados. Para ello, tener claras las aproximaciones de las secciones relativas a las luces de apoyo y a los materiales que se usen.

### A.1.- EXPLICACION ARQUITECTONICA DE LA INERCIA

Obviamente es una explicación en ningún caso ingenieril.

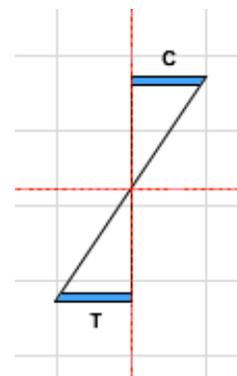
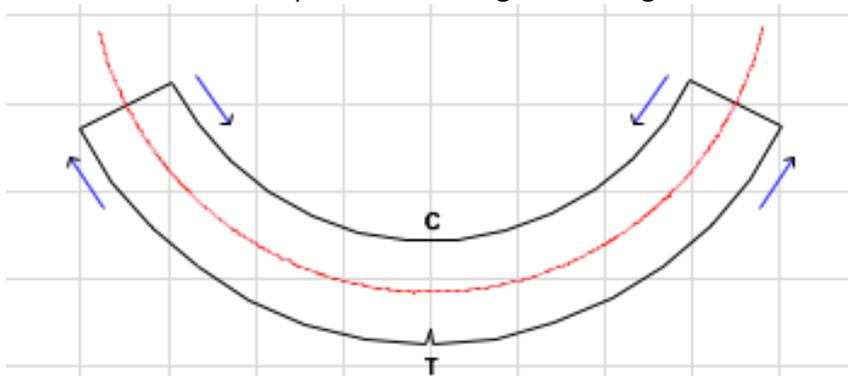


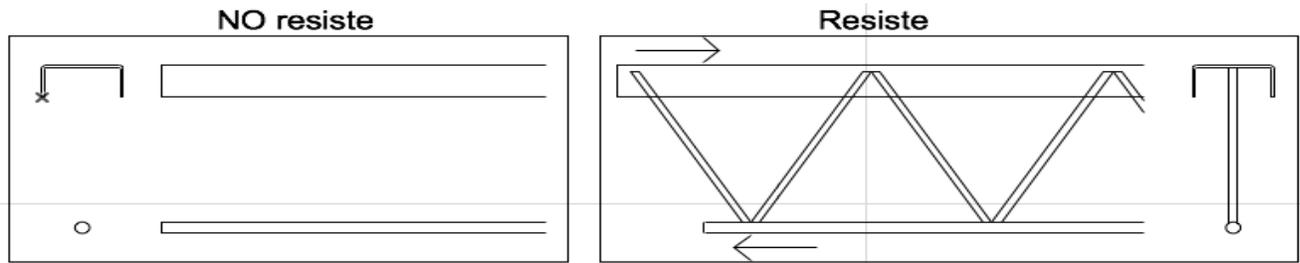
Figura 1.-A.

Figura 1.-B.

El gráfico representa una goma flectada y se pide identificar los esfuerzos que se presentan en sus bordes. Rápidamente aparecen las respuestas correctas: en la parte superior, compresión y en la parte inferior, tracción. Si señalamos esto en los extremos, con flechas, hacia el centro en la compresión y hacia fuera en la tracción, encontramos que se aprecia en cada extremo un cizalle, que representa sin duda el esfuerzo de corte.

Sucedió, que cuando dibujábamos a lápiz, con regla T y escuadras, borrábamos mucho y jugando con la goma, un día corté levemente la parte inferior, como indica la Figura 1.-A. Y automáticamente la goma se partió en 2. ¿Qué sucedió, por qué no resistió en base a su elasticidad? Eso se explica con la Figura 1.-B. conocida, que explica que la resistencia está en las fibras extremas. Y se reduce hasta llegar a cero en la fibra neutra. Si falla la fibra extrema, hay colapso.

Hay que comprender que la Flexión es un esfuerzo compuesto, por Compresión, Tracción y Corte. Sin la resistencia al Corte, no pueden actuar las resistencias a la Compresión y Tracción. No actúan solas, necesitan la resistencia al Corte, que las relacione. ¿Se imaginan una viga de acero con un cordón superior de perfil U y un cordón inferior de barra de 20 mm, sin unirlos? No resiste nada.



Ahora piensen si las unimos por un gusano (estructura triangulada), ya resiste y es una viga conocida. ¿Qué significa este gusano? Es un arriostramiento, que impide el desplazamiento del cordón superior respecto del inferior. Para eso se triangula.

Dicho sea de paso que el gusano es la mínima expresión de resistencia al corte,

La viga doble T tiene un alma llena, que es de menor espesor que las alas, y que es la que toma el esfuerzo de Corte, relacionando ambas alas, que son las que toman la compresión y tracción.

Con el objeto de ahorrar material, se corta el alma en forma hexagonal y se superponen los límites horizontales, aumentando la altura de la viga, logrando así más resistencia. O manteniendo la altura, se reduce el alma resistente al corte.

Esta y otras reducciones de materiales, son importantes en términos económicos y sustentables.

## A.2.- DERIVADOS DEL CONCEPTO DE INERCIA

Me refiero, como ejemplos principales, a los Paneles Sandwich y a las Losas Colaborantes.

### A.2-A.- PANELES SANDWICH

El concepto de Panel Sandwich es, caras duras y corazón aislante, en que las caras duras actúan como el par de fuerzas de compresión y tracción y el corazón aislante debe relacionar las caras tomando el esfuerzo de corte. Son Paneles Estructurales y Aislantes: SIP = Structural Insulated Panel, es la definición desde antiguo de todos los paneles compuestos.



Figura 2-A----1



Figura 2-A----2

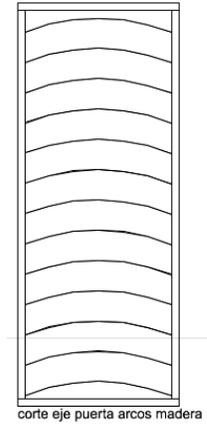


Figura 2-A----3

La Figura 2-A----1 muestra un panel SIP OSB y la Figura 2-A----2 muestra posibles usos del panel.. Otro buen ejemplo son las puertas. 2 caras de terciado, o similar, de 3 mm y algún sistema de relleno que conecte en forma rígida ambas caras. Tienen 45 mm de espesor y colocadas horizontalmente, resisten el peso de un hombre. Son Paneles Laminados, que significa pegados con adhesivo. Se han inventado diferentes rellenos para conectar las caras. Las Puertas Placarol, muy prestigiadas, usaban espirales de virutas que colocadas una al lado de la otra, conectaban las caras mediante adhesivos. Otras usaban una lonja de terciado o más bien de Placa Cholguán, lonja del espesor interior de la puerta y de longitud un poco mayor que el ancho de la puerta. Se forzaba un poco para que entrara, formando un pequeño arco y así, cada 10 cm se rellenaba todo el interior. Otra vez, mediante adhesivo, se conectaban las 2 caras exteriores (Figura 2-A----3).

Uno de los inventos fue conformar un "honey comb" (nido de abejas) de unos 6 cm de lado en los hexágonos, usando cartón corrugado, que tiene una pequeña, pero suficiente rigidez. El método es muy ingenioso y resulta barato, suficientemente rígido y resiliente (acústicamente) además de mejorar la aislación térmica, por las celdas de aire en reposo, grandes en el honey comb y chicas en la formación del cartón corrugado.

Los japoneses usaron el honey comb para fabricar aviones suicidas, con madera terciada y los norteamericanos hacían paneles de chapa metálica de 1 mm de espesor, que usaban en ambos lados del panel que tenía 2 cm de espesor y era muy resistente a la flexión. El honey comb era de cartulina plastificada.

Otro ejemplo de Panel Sandwich es el Panel Simplex Cepol, compuesto por un corazón de mortero aislante de perlitas de poliestireno expandido, con cemento, más mortero normal en ambas caras y armadura de acero, lo que conformaba un panel de hormigón armado, en que los áridos variaban de las caras al corazón (Ver Figura 2-A----5). Esto también ocurre en los paneles solo de concreto

liviano, o poliestireno expandido, armados por el exterior, que después se estucan en obra, reduciendo el peso de transporte y montaje, pero agregando mano de obra artesanal en terreno, con sus costos, demoras y tiempos de fraguado.

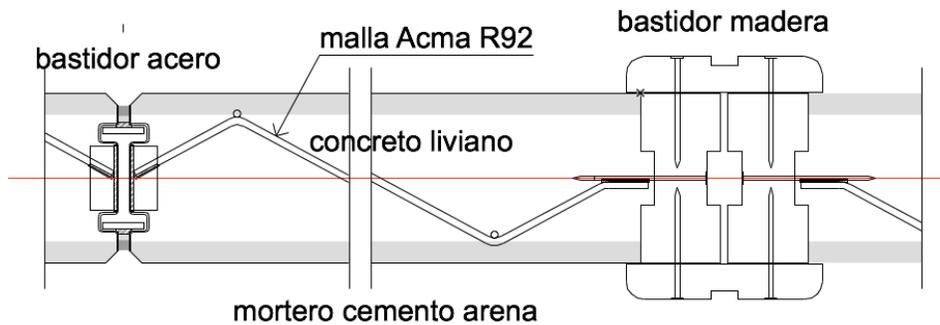


Figura 2-A----5

**Nota:** Esta figura se repite aquí, para facilidad de comprensión. Corresponde a 3.5.-

Un Panel Sandwich resulta ser como una doble T de alas muy anchas y alma de poca altura, pero de todo el ancho (Ver Figura 2-A----4).

Las estructuras comunes de madera, con pie derechos, soleras y diagonales, más revestimientos por ambos lados, no están pensados ni trabajan con el concepto de paneles sandwich. Sin embargo, he visto paneles con estructura de Metalcon, tan delgados los perfiles y con tanta torsión, que al recibir los revestimientos, trabajan en conjunto y se rigidizan en forma muy sorprendente.

Es un tema a experimentar, pues si trabajan en conjunto, se pueden reducir las estructuras.

Si un panel sándwich se considera laminado, es decir pegado con adhesivo, también se puede emular los adhesivos con los tornillos del Metalcon. Los revestimientos pueden servir, al menos, como arriostramiento, eliminando diagonales, que aportan alguna complicación.

Interesante en este tipo de paneles es el sistema SIP traído por Louisiana Pacific (OSB)

(Ver Figura 2-A----1) compuestos por 2 caras de OSB y corazón de poliestireno expandido, todo laminado en prensas enormes y con temperatura, para acortar el tiempo de fraguado del adhesivo. Esto es un cuello de botella de producción. Sus costos son elevados, por tener doble cara completa de adhesivo y usar poliestireno expandido de alta densidad y espesor excesivo. Pero es relevante que contiene perforaciones en sus contornos, para embutir cañerías eléctricas. Tecnotruss creó la solución "SIP" con caras de fibrocemento, que es inerte e impermeable, inmune a termitas y hongos. El SIP es un buen sistema constructivo total, estructural, para construir casas, escuelas y edificios de al menos 2 pisos. Es muy simple y rápido. Tecnotruss o Tecnopanel, tienen soluciones SIP para la vivienda social.

También CINTAC y otros metálicos, tienen soluciones de paneles sándwich laminados, para construcciones de al menos un piso, con doble chapa metálica y corazón aislante, de poliestireno o poliuretano, ambos expandidos. Cabe destacar la solución de techo con Cover Panel y otros de este mismo tipo, con gran resistencia a la flexión, como ya lo mencionamos, capaz de eliminar casi toda la estructura de techumbre habitual (Ver Figura 2-A----4 y 6). Son sistemas simples, fáciles y rápidos, muy bien solucionados. Sus costos son algo mayores y con dificultad entran en los precios de la vivienda social mínima, que es la más masiva. Los paneles de muro se ven en Figura 2-A----4 y 5.

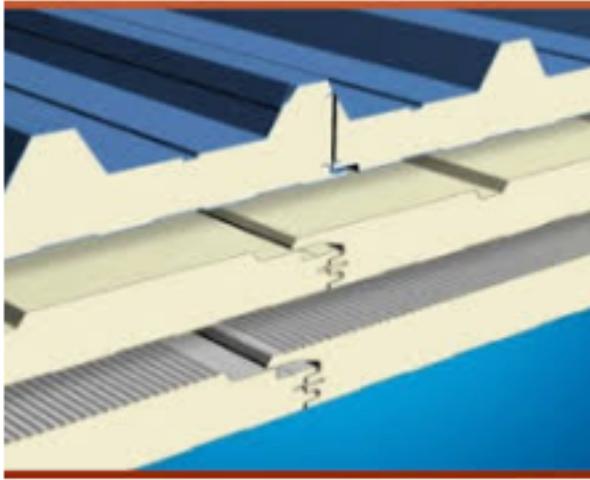


Figura 2-A----4

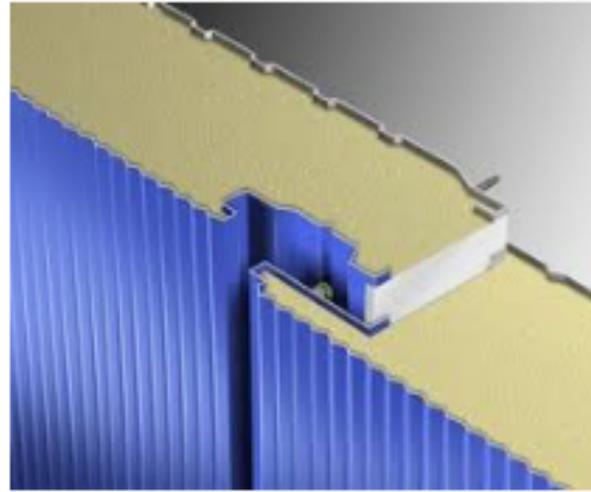


Figura 2-A----5

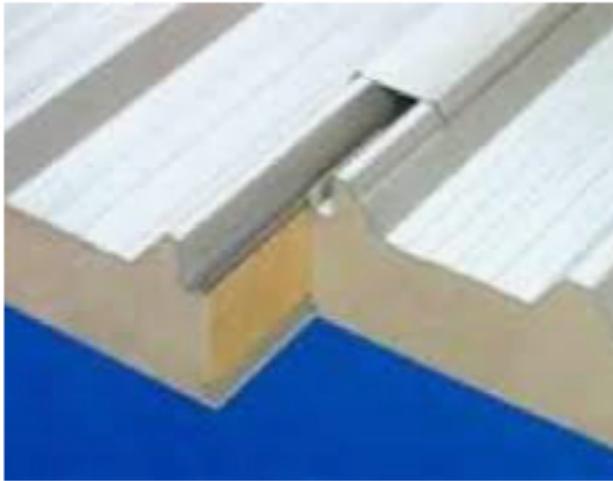


Figura 2-A----6

En cuanto al nombre del sistema SIP (Structural Insulated Panel) podemos decir que todos los paneles sándwich son SIP, que es un nombre genérico, son estructurales y contienen un corazón aislante.

Los paneles con chapa metálica y aislante laminados, son también SIP. No corresponde usar un nombre genérico como marca comercial.

### **A.2-B.- LAS LOSAS COLABORANTES**

Antes que nada, rechazamos el nombre de una plancha preformada de acero como “losa colaborante” es “Placa colaborante”. NO se debe tomar un nombre genérico para denominar un producto componente.

El concepto de losa colaborante es la conexión entre losa de hormigón (normalmente) y viga de acero u hormigón. Es una solución indispensable en caso de prefabricación en H.A., como lo es en el acero.

En el sistema tradicional de H.A. de hormigón colado sobre moldajes, se da automáticamente que la losa colabora con la viga, Ocurre que el hormigón armado es desigual en resistencias, del hormigón y del fierro.

El concreto fluctúa en forma habitual alrededor de H30, es decir unos 300 kg/cm<sup>2</sup> y el fierro, fluctúa entre 2.800 y 5.000 kg/cm<sup>2</sup>. Esto que podríamos asimilar a una 10 veces más resistente, es muy interesante para aprovechar, reduciendo secciones de tracción y aumentando las de compresión, usando las losas. Así en la Prefabricación, las “pre vigas” salen más livianas, para efectos de transporte y montaje (Ver Figura 2-A----7).

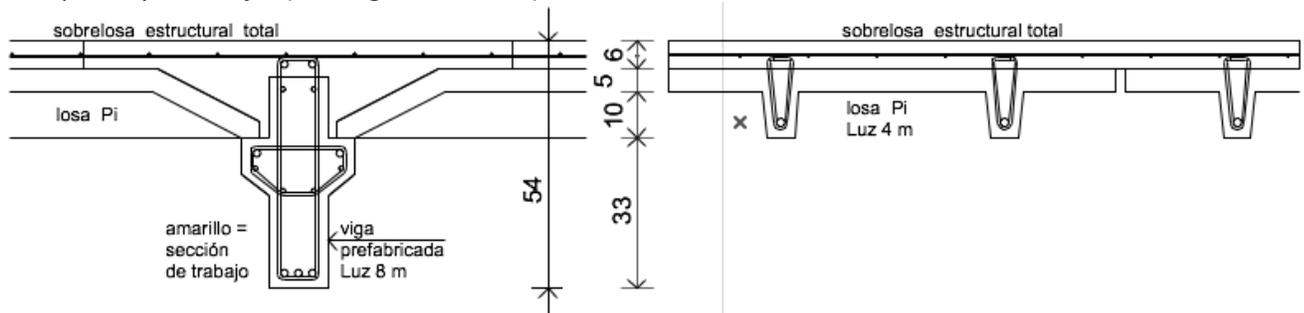


Figura 2-A----7

Sería inaceptable, colocar una viga que se calcule para soportar una losa y que no se conecten. Aparte de encarecer la viga, se aumentaría la altura del entrepiso. Es irracional. Mucho más aun en el caso del acero, en que los perfiles son delgados, sometidos a alabeos y torsiones, de modo que la losa los rigidiza y reemplaza la débil zona de compresión.

Obviamente, esto requiere de una adecuada y fuerte conexión de corte, que en el caso del H.A. lo toman con la enfierradura, adecuadamente dispuesta.

En la “losa colaborante” con placa de acero lleva un complejo sistema de pernos de corte electro soldados a la viga, para obtener la colaboración de la losa (Ver Figura 2-A----8).

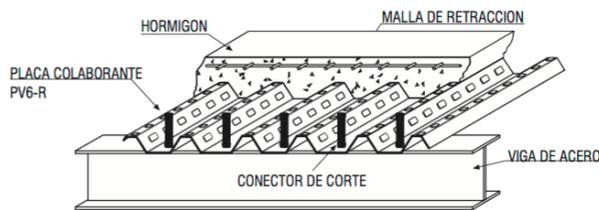


Figura 2-A----8

No dejar de entender, que las losas colaborantes genéricas hacen que la viga se conciba como una T con un buen sector de compresión en la losa y un pequeño sector de tracción, que aloja los fierros inferiores.

Hay preciosos ejemplos de vigas pre comprimidas con forma de doble T que tienen su cabeza superior para la compresión y su cabeza inferior para la compresión de los cables o tendones pre tensados, llevando el alma a una mínima expresión, suficiente para tomar los esfuerzos de corte.

## 2.1-B. UNIONES Y CONEXIONES

### CONCEPTOS GENERALES

Es un tema obligado e importante en Prefabricación, toda vez que traemos componentes pre armados, que se deben conectar con otros componentes similares, conformando una unidad estructural.

Hay quienes dicen que Prefabricar es Unir. Es peyorativo, porque las uniones no son tan complejas, se solucionan fácilmente con los conocimientos existentes y con ingenio interdisciplinario cuando se deben solucionar casos especiales. **Prefabricar es mucho más que unir.**

Las uniones del Concreto Armado generalizando, son de 2 tipos: Húmedas y Secas.

## B.1.- UNIONES HUMEDAS

+ Las uniones húmedas consisten en unir por los fierros, concretando en obra las uniones.

El ejemplo más corriente es el de un edificio de hormigón armado tradicional, es decir, vaciado enteramente en moldajes. Las uniones existen, dado que las obras se detienen al final del día y continúan al día siguiente o en fines de semana, varios días después. Incluso pueden parar tiempos mucho mayores y continuar un tiempo después.

¿Cómo son estas uniones, qué las produce? Los fierros. Por eso el calculista indica dónde se debe cortar la el hormigonado cada día.

+ Es también el caso de los fierros. No existen barras tan largas como la altura de un edificio.

¿Cómo se unen? En Chile hoy, por traslapos, es decir, por adherencia al concreto. Como ley general, se habla de 40 diámetros, pero el calculista a veces lo aumenta hasta 60 diámetros. Hay circunstancias en que no hay espacio para los 40 diámetros, entonces una solución es usar el “gancho”, doblar los fierros en 90° lo que reduce la unión a la mitad (Figura 3.1---28).

Cabe hacer presente que la solución de barras traslapadas 40 diámetros o similar, en forma recta, son más dúctiles y que las barras dobladas, que se anclan en el doblez y se pueden cortar y provocar colapsos. La soluciones dúctiles si se sobre esfuerzan se pueden romper, pero no se colapsan y son fácilmente reparables. Ya hay en Chile conectores de fierros con coplas apernadas, que mantienen la alineación de los fierros.



Sistemas De Empalmes Mecánicos P...

+ Es muy interesante ver las Cerchas de Oreste Depetris, genial en estructuras reticuladas en H.A. En el Stadio Italiano conecta las diagonales y los cordones superior e inferior, de las Cerchas, con “ganchos”, doblando las enfierraduras. Han resistido el terremoto de 1985 y el del 2010, sin fallas de ninguna naturaleza. Igual lo hizo en el Marco Rígido perimetral, al unir los machones de 80 cm con los arcos Prefabricados. (Ver Figuras 3.1---25 y 26: cerchas y Figura 3.1---28: marcos rígidos)



Figura 3.1---28

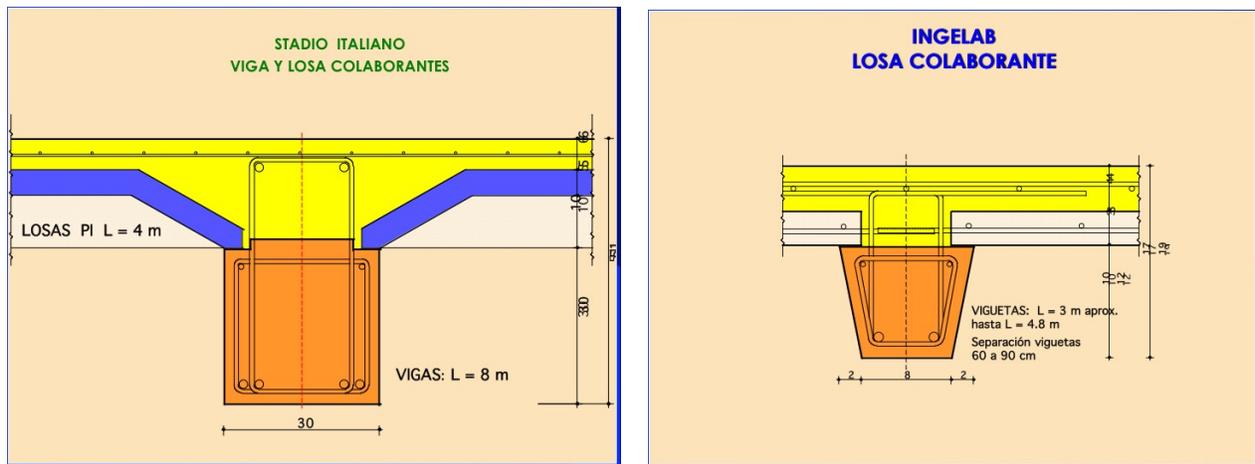
Figura 3.1---25

**Nota:** Estas figuras se repiten aquí, para facilidad de comprensión.

También lo es, ver las uniones de pilares y vigas en estructuras de “esqueleto” en H.A. Normalmente se proyectan uniones articuladas y con vigas pre comprimidas de grandes luces. Para ello se disponen “hombros” en los pilares, para recibir y apoyar vigas por diferentes lados. Estos hombros llevan empotrado un fierro grueso, o a veces, 2 a 4 fierros más delgados.

La viga, con una perforación vertical circular, se deposita sobre estos fierros y luego se concreta la perforación, con “grouting” (concreto especial para uniones, es muy resistente y se puede colocar más líquido).

Como se agrega una lámina de caucho que amortigua el apoyo, resulta una buena unión articulada, muy apta para vigas precomprimidas. Para el caso de uniones empotradas, las soluciones son mucho más complejas y dependen de cada caso. Estas estructuras, con vigas articuladas, normalmente están entregando todo el arriostramiento al empotramiento de los pilares en las fundaciones, lo que obliga, en general, a tener pilares de toda la altura. Esto se limita a pilares de hasta 4 pisos, siempre en términos generales. Sin embargo, muchas veces hay posibilidad de utilizar algunos muros de corte que tomen el arriostramiento, reduciendo los pilares y sus fundaciones. (Ver Cap. 3.- B)



Las uniones húmedas son comunes en la concepción de las **losas colaborantes**, donde tenemos una pre-viga prefabricada que recibe un sistema de losetas prefabricadas, las que se unifican con una sobrelosa estructural de HA.

Exigen un cuidadoso diseño, para conectar el concreto de la “previga”, con el concreto colocado en sitio, de dos edades de fragua y con un esfuerzo de corte en la unión. Es un interesante pero simple problema de conexión.

Más complicado es el **caso de un marco rígido múltiple de edificios en altura media**.

Difícil de abordar para los que son poco conocedores de la prefabricación.

En planos de cálculo habituales, de sistema tradicional, encontramos que en el cruce de un pilar con 2 o 4 vigas continuas, que trabajan como marco rígido, aparece un refuerzo superior de fierros de una longitud de  $L/2$  ( $1/2$  de la luz). Son mucho más largos que el espacio que dejan las “previgas” prefabricadas, al apoyarse en el borde del pilar (se llama “previga” porque tiene la enfierradura de la viga completa, incluida la altura de la losa, pero está concretada hasta aprox. La mitad, para completarse con el vaciado de concreto de la sobrelosa estructural).

Una cuestión elemental y obvia, es que cada viga lleva su enfierradura y no puede pasar el fierro de una a la otra, porque son componentes independientes que concurren al montaje.

Tampoco un par de fierros de refuerzo negativo puede penetrar en ninguna viga pre moldeada.

En el concepto de la losa colaborante, hay una “previga”, que recibe losetas perpendiculares y luego todo se unifica por una sobrelosa estructural. Y es ese el lugar para los refuerzos negativos.

Obviamente, en casos de pilares de varios pisos, que son habituales, deberán llevar las perforaciones para que atraviesen el pilar.

## B.2.- UNION TIPICA DE PILARES PREFABRICADOS A SU FUNDACION

La fundación está compuesta por un cimiento y un Cáliz para recibir los pilares.

Entre un pilar empotrado que resiste arriostramientos (esfuerzos horizontales) y uno que solo recibe cargas verticales, hay grandes diferencias en las secciones.

En todo caso, ambas consisten en un cimiento un poco bajo tierra, concretado en obra y un Cáliz que hace las veces de sobrecimiento, que tiene forma de una caja, todo conectado por las enfierraduras, donde se colocará el pilar prefabricado (Ver Figuras 3.2---7 y 8).



Figura 3.2---7



Figura 3.2---8

**Nota:** Estas figuras se repiten aquí, para facilidad de comprensión.

De este modo, el montaje de pilares es simple, se coloca dentro del Cáliz, que deja mínimo 6 cm por cada lado, para rellenar con “grouting”. Es tan fuerte la unión con grouting, que se dice que si levantamos el pilar con una grúa potente, sale con toda la fundación, pero no se despega la unión con grouting.

Hay que considerar que esta fundación, para el caso de pilares **empotrados** y de arriostramiento, los cimientos tienen que dimensionarse para que le hagan el peso a la fuerza lateral que debe resistir, los he visto hasta de 3 x 3 m y 1m de profundidad y con armadura en sus contornos. Por otro lado, lo que hemos llamado aquí como Cáliz deben tener una profundidad de 2 espesores del pilar (lado mayor). En casos extremos puede ser 1,5 espesores del pilar.

Estos Cáliz de sobrecimiento siempre los he visto concretados en terreno, en forma tradicional. Sin embargo, ha resultado que son muy fáciles de prefabricar, con ventajas de tiempo, calidad y reducción de Mano de Obra. Son productos que se repiten en una obra y que tienen un grado de complicación que conviene trasladar a la “fábrica” o taller de prefabricación.

## B.3.- UNIONES SECAS

Las secas son uniones de carpintería metálica, colocando “Insertos” en las piezas de hormigón y conectando luego por soldaduras y/o pernos. Los insertos son planchas o perfiles de acero, con

“patas” de fierro redondo (de acero estructural soldable), soldadas a las planchas, que se colocan en los moldajes, antes de concretar el elemento, de modo que generalmente no quedan salientes, sino que aparece como un cambio de superficie: ver Figura 2.11-C----1 (Se omite la armadura de la viga).

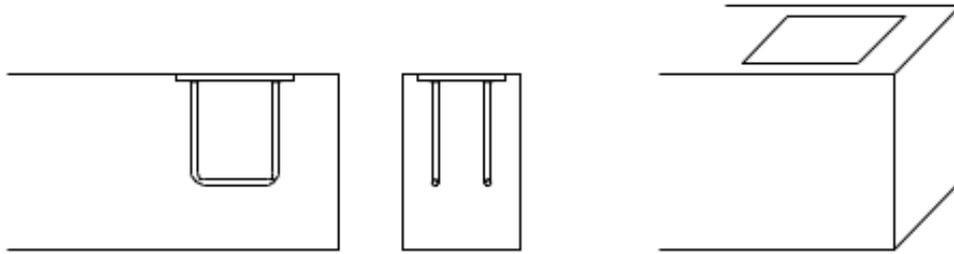


Figura 2.11-C----1

Sobre esta superficie, se puede soldar, empotrar perfiles, conectar 2 piezas mediante una pletina, por ejemplo. Son muy versátiles y permiten soluciones muy ingeniosas.

Debe decirse que a los calculistas chilenos, en general, no les gustan estas uniones porque no son dúctiles, si fallan hay peligro de colapso. Pero otros consideran que si se calculan bien, con sus coeficientes de seguridad, no deben fallar.

Hay uniones el línea, por ejemplo, de vigas, que deben unir los fierros longitudinales. Como necesitaremos soldaduras, es necesarios que dichas armaduras sean de acero estructural soldable, como por ejemplo las Mallas ACMA. Los detalles de este tipo de uniones son muy interesantes.

Con esto concluimos que las uniones secas son complejas y pocas veces las usaremos.

Hay ejemplos notables, a la vista: 1. La Vega Central, hecha por Oreste Depetris, en que la unión de algunos componentes es seca y por pernos. Digno de estudiarse. 2.- El caso de Lelé, (Joao F. Lima) en sus escuelas, ejemplo en Sao Paulo, que conecta 2 vigas de HA de ferrocemento con un perno. Increíble. Una vez tuve en mis manos el detalle, hecho en un croquis, de cómo ese perno que es lo único que se ve, conecta los fierros de tracción de una sección compleja. Y para más, las une en el centro de la luz, donde está más solicitada. Son vigas en forma de doble te, pero como una Y por arriba y por abajo, todo en 2 cm de espesor. Lelé es genial en toda su línea.

#### 4.- UNIONES NO ESTRUCTURALES

No las detallaremos, pero es bueno mencionarlas.

Por ejemplo los cerramientos de estructuras de pilares, vigas y losas (estructuras de esqueleto, sean en concreto o en acero), deben unirse a la estructura y asumir sus deformaciones elásticas, sean por esfuerzos laterales (sismos o vientos) o por temperaturas (caso de los muros cortina).

Esto además debe resolver estanqueidad al agua, humedades, infiltraciones de aire, puentes térmicos y aislaciones térmicas y acústicas, fenestraciones, etc.

Igualmente los divisorios internos de diferente tipo y requerimientos. Los tabiques deben ser flotantes, deslizantes en la unión superior y separados de las estructuras verticales. Se supone que la deformación sísmica entre una losa y la del piso superior, (2,5 a 3 m de altura) según cálculo es de 5 a 6 mm, en estructuras de muros de corte, en edificios de 6 o más pisos. Pero en la experiencia, he constatado después del terremoto de 1985, hasta 15 mm de deformación en edificio hospitalario de 7 pisos. Supongo que fue un caso extremo. ¿Quién se preocupa de estos temas, si el cálculo estructural solo diseña estructuras? Obviamente, le corresponde al arquitecto, vigilar, coordinar o resolver estos requerimientos.

# CAPÍTULO 3.-

## OBRAS Y EJEMPLOS DE SOLUCIONES CONSTRUIDAS

Aplicando Industrialización sin Industria y Prefabricación sin Fábrica

La mayoría de estos ejemplos corresponden al Tercer Paso, es decir, Prefabricación en Obra.

Se demuestra que no son teorías, sino que desde hace mucho tiempo se han aplicado exitosamente.

Empezaremos por 2 Proyectos de Capacitación Universitaria, no construidos

### A.- EJEMPLO DE CAPACITACIÓN UNIVERSITARIA

(2 Proyectos NO construidos)

#### DOS PROYECTOS DESTACADOS DE CURSOS EN LA ESCUELA DE ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL

##### A.1.- DOMO PREFABICADO EN H.A.



Este proyecto es una genialidad geométrica. Al ver este resultado, se decidió concentrar el Curso en Construir el proyecto, a escala 1: 5. Todos los alumnos trabajaron en eso. Compraron los materiales, armaron los moldajes, con mucho ingenio y concretaron los Componentes. El proyecto, esférico, se componía de la repetición de un solo elemento: un triángulo equilátero. Pero tenía una complicación adicional, que era armar un entrepiso Prefabricado con componentes de H.A.

Cabe precisar que el proyecto era un doble espacio multiuso (2 pisos) de unos 12 m de luz y sin pilares interiores. A escala 1: 5 resultaba de 2,4 m de diámetro. Las uniones fueron provisionales, pues había que desarmarlo. Se colocaron, insertos de pletinas de acero salientes y se apernaron. Prefabricaron todos los elementos componentes y los fraguaron cuidadosamente. Llegó el día del Montaje y se hizo entre varios, como lo muestran las fotos.

## A.2.- EDIFICIO DE OFICINAS 4 PISOS

Este proyecto también es muy destacado. Desde luego por plantear una construcción en media altura, con unión vertical de pilares. Edificio de Hormigón Armado con componentes Prefabricados. Se estructura comenzando con 2 torres de servicio, en los extremos, a construir por el sistema de moldajes deslizantes, para asemejarse a la velocidad de montaje de los Prefabricados. Estas torres soportan los esfuerzos horizontales, permitiendo que los Prefabricados se unan en forma articulada. Es interesante la disposición de los Pilares y su forma, especial para recibir una viga transversal que los une y luego las Losas Alveolares que conforman los entrepisos (siempre con su sobrelosa estructural que unifica cada piso completamente).

El trabajo de los Estudiantes incluyó las gráficas tridimensionales para mostrar las etapas del Montaje y las diversas soluciones de los Premoldeados. Se muestran las zapatas de fundación y sobrecimientos en el subterráneo. Los pilares son recibidos por una “caja” que llamamos “cáliz” donde se depositan, bajo la cual está la zapata de fundación (Figura B.1). Entre zapatas van vigas de sobrecimiento que reciben los muros de contención, entre pilares. Todos los pilares del subsuelo o subterráneo, tienen un piso de altura. Y los pilares que reciben los pilares de 4 pisos, llevan “cáliz” en la parte superior, para conexión entre ambos. Figura B.2 donde ya aparecen las losas alveolares colocadas sobre las primeras vigas Prefabricadas.

Se deja constancia que los pilares y vigas se pueden Prefabricar en Obra, así como las torres extremas, con moldaje deslizante. Solo las Losas Alveolares se adquieren.

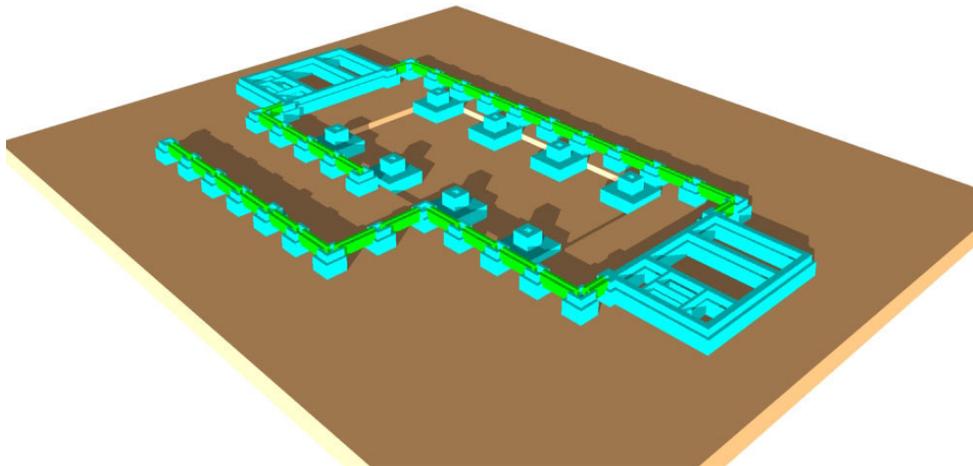


Figura B.1

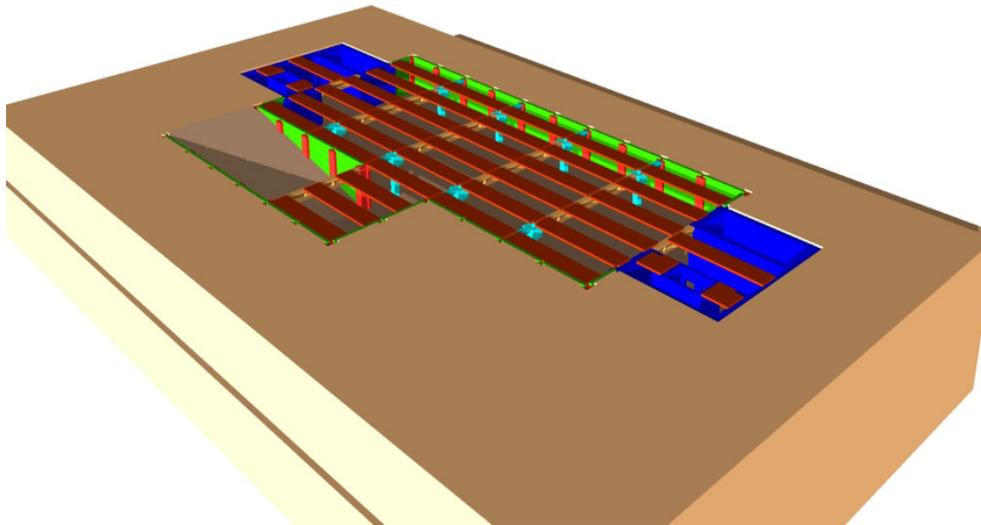


Figura B.2

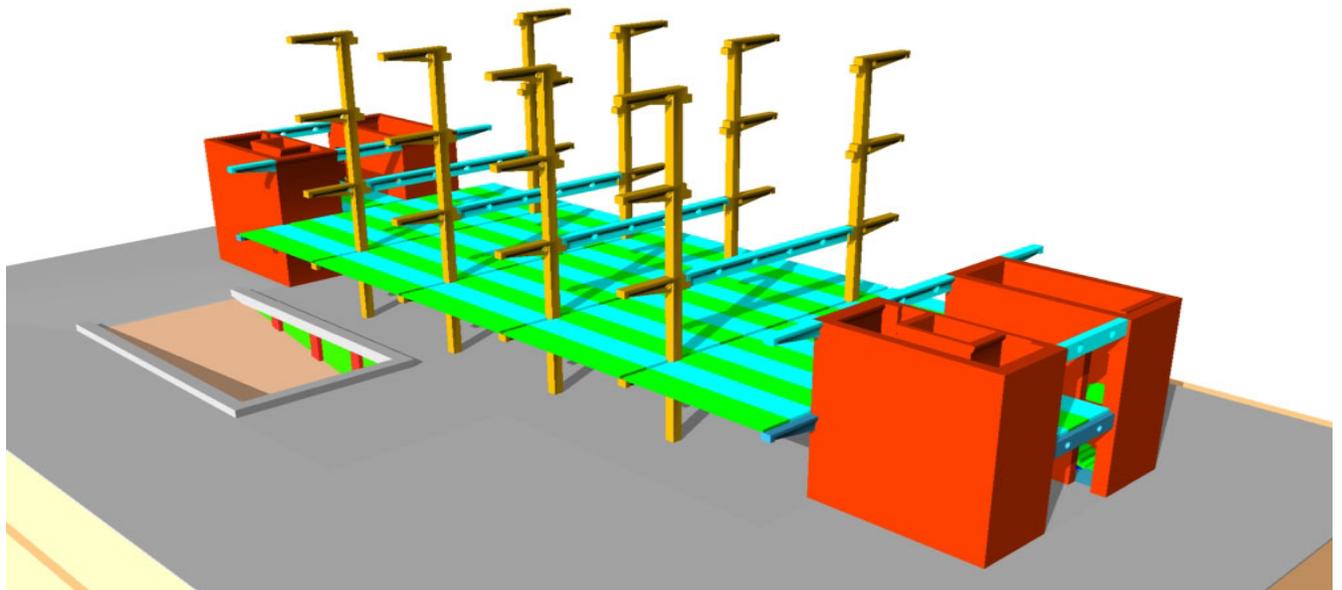


Figura B.3

En la Figura B.3 aparecen ya los pilares superiores para los 4 pisos de oficinas. Estos pilares contienen volados que amplían la superficie de las plantas y entre ellos se apoyan las vigas, para recibir las losas prefabricadas. También avanzan los núcleos de servicios en los extremos, ya mencionados. Y así se continúa hasta completar el edificio (Figura B.4). La conexión estructural entre las 2 torres arriostrantes en los extremos, se produce por las sobrelosas estructurales vaciadas en sitio. Los prefabricados de este proyecto podrían fácilmente prefabricarse al costado de la Obra, excepto las losas aleolares.

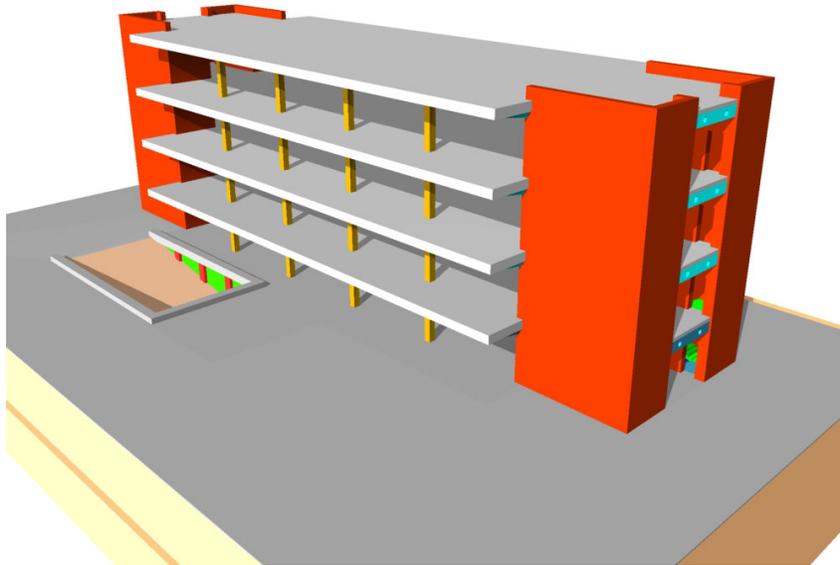


Figura B.4

## OBRAS CONSTRUIDAS

Las Obras que presentamos son en la mayoría ejecutadas sin intervención de Industrias, es decir, Prefabricadas en la misma obra. Son ejemplos realizados, que demuestran nuestro planteamiento: Industrializar, sin Industria y Prefabricar, sin Fábrica. De varios ejemplos presentados, destaca el Stadio Italiano, que además de reunir las condiciones expresadas, fue una obra excepcionalmente rápida y contó para la construcción, con el aporte profesional del Arquitecto Oreste Depetris.

Es una Obra Clásica, que quedará en el recuerdo de los expertos en el tema. Es equivalente en el cine, al “Acorazado Potemkin”. Es una Obra Emblemática.

Sin embargo, las Torres EMOS, cuentan con un componente de entrepiso, adquirido a una Industria y diseñado especialmente, donde se ven las ventajas de esta industrialización.

Se exponen varios ejemplos, útiles para demostrar la aplicación y viabilidad de nuestros planteamientos y sobre todo para mostrar soluciones ingeniosas y a veces insólitas, que servirán por un lado como transferencia tecnológica y por otro, como incentivo a innovar en la creación de nuevas soluciones de prefabricación.

### **3.1.- OBRA: PREFABRICACIÓN STADIO ITALIANO**

Es el "Acorazado Potemkin" de la prefabricación al lado de la obra. Es la obra más señera y emblemática de este planteamiento. Fue ejecutada en 4 meses: 3.200 m<sup>2</sup>. Empezó el 1º de septiembre de 1984 y fue inaugurado el 31 de diciembre del mismo año, celebrando el año nuevo, en comida anual del Stadio, ante 2000 personas y luego logrando aprovechar la temporada veraniega. Dos meses más tarde, el 3 de marzo de 1985, un gran sismo 8,4 Richter, probó las estructuras, con cero faltas.

#### **2 considerandos previos:**

##### **1.- ANTECEDENTES INICIALES**

Esta obra nace de una solicitud de 4 Anteproyectos, pagados, de los cuales el Stadio elige uno e incorpora al equipo Proyectista ganador, al Arquitecto asesor del Stadio.

El equipo de Arquitectos que desarrolla el Proyecto queda conformado así:

Arquitectos, autores del anteproyecto:

Alberto Arenas Pizarro

José Grossi Neira.

Oscar Zaccarelli Vender: (Arquitecto asesor del Stadio, incorporado después).

El equipo inicial venía contactado con un equipo ejecutor de la obra, encabezado por el Arquitecto Oreste Depetris Ivulic, con vasta experiencia en prefabricación en H.A.

Esta adjudicación sucede en los primeros días de Agosto de 1984. Contrato por Administración.

Y se solicitan para el proyecto, varios cambios de cierta importancia.

Nos entregan una casa de 60 m<sup>2</sup> en el recinto del Stadio, donde instalamos nuestra oficina para el desarrollo de este proyecto.

##### **2.- PLAZO DE LA OBRA: 4 MESES - 3.200 m<sup>2</sup>**

La obra debía terminarse en 4 meses, e inaugurarse en la gran comida de gala, tradicional del Stadio, el 31 de Diciembre, celebración del año nuevo de 1985. El plazo tan corto, se determinaba por:

\* La comida de celebración del año nuevo, a la cual asistieron 2000 personas, que es un ingreso importante de fondos de esta entidad sin fines de lucro (es una comida de alto precio que implica un encuentro social muy interesante de la italianidad).

El uso mayoritario de las infraestructura construida, en los meses de enero y febrero de cada año, meses de verano y vacaciones.

Mucho después, supimos que el Stadio había solicitado informe a varias importantes firmas Consultoras de Ingeniería, por los menores plazos posibles para su ejecución. Las respuestas mejores, eran de 7 meses a partir de un proyecto completo, es decir, unos 3 meses de proyectos detallados + 1 mes de licitación, inicio de construcción 1º de enero y entrega para el 1º de Agosto, lo que significaba perder los más importantes ingresos del año, un desastre económico y pérdida de socios por la paralización.

Los Ingenieros Consultores no se equivocaban, al fijar el plazo mínimo de construcción, en 7 meses. El problema es que ellos pensaron en una construcción "normal", es decir tradicional, ejecutada por mano de obra, elaborando todos los materiales, en terreno. No contaron con los beneficios de la Prefabricación.

Y la Administración del Stadio, también optó por la **audacia** de confiar en esta posibilidad, la cual se realizó finalmente con excelentes resultados, de plazos, costos y calidad.

En este caso, no era posible un contrato a Suma Alzada.

**Este plazo de 4 meses se cumplió**, inaugurándose el uso del total construido, con esas 2.000 personas, el 31 de diciembre de 1984 y utilizando lo edificado todo enero y febrero y los meses siguientes.

¿Cómo fue posible hacer lo imposible?

\* Porque habían 2 arquitectos muy **audaces** en el equipo: Oreste Depetris como Constructor, con su experiencia y Oscar Zaccarelli V. por los proyectistas (sin desmerecer la importante participación y apoyo de los Arquitectos A. Arenas y J. Grossi) Audacia implica asumir riesgos.

\* Porque estos 2 audaces estaban involucrados en la **Prefabricación**.

\* Porque Oreste Depetris era **absolutamente genial**.

**Oreste Depetris es sin duda, el Padre de la Prefabricación en Hormigón Armado, en Chile.**

### **3.- CONTRATO POR ADMINISTRACION**

En consecuencia, se optó por contratar por Administración. Y el desarrollo del proyecto de los Arquitectos y su Cálculo estructural (por el Grupo Depetris), se diseñaron durante la ejecución de la obra, a medida de sus necesidades. Para eso el equipo de Arquitectos instaló su oficina en el Stadio, al pie de la obra, generando y suministrando los planos necesarios junto al avance de la Obra. El equipo interdisciplinario interactuó permanentemente, facilitado por estar sus oficinas en la misma obra.

### **4.- LA AVENTURA DE LA OBRA**

En cuanto a aventura, fue maravillosa. Tensa, pero muy entretenida. El 1º de Agosto iniciamos las modificaciones del anteproyecto, con el aporte genial de José Grossi, bajo la coordinación y participación de Alberto Arenas Pizarro, y las exigencias de Depetris, en el sentido de estandarizar en forma absoluta los tamaños de los componentes prefabricados.

Y todo esto en trabajo interdisciplinario con el ingeniero estructural Sigfried Wrahn, bajo la Asesoría y revisión de los prestigiados ingenieros estructurales SyS, Sarracín y Saragoni.

La construcción debía iniciarse el 1º de setiembre, para lo cual tuvimos que desarrollar el proyecto del primer cuerpo, durante agosto, un salón de 12 x 20 m y un piso zócalo bajo este, destinado a 2 camarines, en la misma superficie.

### **5.- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA – SU ESTRUCTURA Y COMPONENTES.**

Marcos Rígidos + losas Pi + Cerchas de H.A.

La Nueva Sede Social del Stadio Italiano se estructura con marcos rígidos, en una modulación general de 4 x 4 m ya que son grandes salones y fachadas vidriadas, evitando al máximo los pilares interiores.

En los exteriores se pilariza a 4 m y en interiores, con un piso encima, a 8 m. En techumbres, a 12 m y 16 m. Hay algunos salones de 1er piso que funcionan a 12 m de luz, sin pilares. La estructura de Marcos Rígidos, permite liberar fachadas e interiores.

Depetris decide ejecutar los marcos rígidos, en forma tradicional, ya que no había tiempo para estudiar las uniones en puntos sobre esforzados. Y más, porque el 60 % del hormigón estaba en las

losas, que serían el cuello de botella de los plazos. Sin embargo, los arcos de fachada de aprox. 3,30 m de longitud, que hacen de vigas en el perímetro de estos marcos, se prefabricaron con gran éxito (Ver 3.1.B.-) Los Marcos Rígidos se aprovecharon para generar algunos volados exteriores de 4 m formando terrazas.

**En esta obra nace Tensocret, hoy importante Industria de Prefabricados de H.A.**

El costo controlado resultante fue 19% menor que el de la tabla de tasación de permisos municipales (siempre menor que la realidad).

### 3.1-A LOS MUROS DE CONTENCION PREFABRICADOS



Figura 3.1—1



Figura 3.1--2

Ver Figuras 3.1--1 y 3.1--2.

Oreste Depetris, inicia en agosto, la excavación del piso zócalo y descubre que el suelo de buena fundación se encuentra a 2,5 m de profundidad, terreno ripioso compacto y decide que todas las fundaciones llegarán a ese horizonte (mayor seguridad sísmica).

Inmediatamente ejecuta el radier afinado a un cuerpo, sobre el cual extiende planchas de Cholguán (placas de madera prensada de 6 mm de espesor) y sobre ellas prepara la prefabricación de los muros de contención, tendidos en el suelo: genial.

Hay que pensar las diferencias de moldear un muro en posición vertical, comparado con molde horizontal, que explicamos sucintamente: El muro vertical exige moldajes fuertes, que soporten las presiones del hormigón, que es muy pesado, 2,5 veces el agua. Luego hay que subir el pesado hormigón y al vaciarlo, se segrega cayendo abajo lo que más pesa, el ripio, factor que se acentúa al vibrarlo. Además, requiere ser fluido, con lo cual a veces se agrega agua en exceso, bajando resistencias.

El muro horizontal, consume considerablemente menos moldajes, solo los cantos y la base de Madera Prensada Cholguán ya mencionada. El hormigón podrá ser bastante seco, de modo que al vibrarlo, se vuelva pastoso y saque a la superficie, el agua que contiene. Su vibrado es superficial, y a la vista. El resultado es de gran impermeabilidad, con superficies muy parejas y sin nidos, ni desajustes de moldajes. Además de la sobredosificación del hormigón en Prefabricados, que se compensa con la reducción de insumos de materiales.

Hacemos presente, que los prefabricados siempre logran menores secciones, por trabajo profesional interdisciplinario extremo de racionalización, para bajar pesos de transporte y montaje.

Esta reducción permite especificarlos con mayores resistencias, lo que logra mejores superficies finales, y mayor impermeabilidad, dando resistencia temprana al hormigón, para levantar los prefabricados al día siguiente de su vaciado.

Ya el 1º de Setiembre, llega una grúa arrendada, que monta en medio día, todos los muros de contención. Los levanta del suelo y los coloca en posición. A medida que se montan y se alzapriman para mantener su verticalidad, se concretan sus fundaciones las que al día siguiente permiten retirar las alzaprimas y colocar los moldajes para los pilares de los marcos rígidos que estructuran el proyecto.

## **REFLEXIÓN**

Este sistema, permite ir más allá y prefabricar diferentes diseños de muros planos, con o sin vanos, con formas de contorno variadas y no limitadas por el ancho de transporte. Incluso en dimensiones mayores se llega al sistema Tilt Up, mencionados en 2.10-A.-5. Analizando esta obra y otras a continuación, se puede concluir que en un radier, se pueden prefabricar muchos tipos de componentes, al lado de la obra, diseñados especialmente. Ver las Cerchas y Arcos, más adelante. Esos son componentes planos, pero también están las losas Pi hechas sobre un moldaje metálico caro, justificable en caso de muchas repeticiones. Pero no hay que desconocer que las industrias de prefabricados pueden proveer componentes de calidad garantizada y entregarlos montados, en reducidos plazos y a costos razonables.

### **A.1.- LAS FUNDACIONES**

Depetris, lo hemos dicho, es un hombre especial. Las fundaciones de estos muros son corridas, pero Depetris construía en forma tan limpia, que además del emplantillado del fondo, ejecutaba pequeños muros en los costados de las excavaciones, para evitar derrumbes. Además, estaba también la fundación de los pilares del marco, mayores, que también los encerraba en sus muros.

### **A.2.- LA ESTRUCTURACIÓN DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN**

Como tienen un vano de ventana alta, se apoyan en 3 lados, entre pilares y en la fundación.

No son empotrados en la fundación y volados hacia arriba, como es habitual. Soportan entonces una flexión en el plano horizontal, en la parte superior.

### **A.3.- LA FORMA DE LA BASE DEL MURO DE CONTENCIÓN**

En la obra las llamábamos “patecas”. Estos muros llegaban hasta la parte superior de las fundaciones y se apoyaban en ellos, dejando más abajo, estas 2 patecas de forma trapezoidal, para meterse en la fundación, sin apoyarse abajo, ya que se apoyaban en el muro de la fundación de los pilares, y como lo mencionamos, se nivelaban, aplomaban y se alzaprimaban para garantizar su verticalidad y posición geométrica. Y apenas montados por la grúa, se concretaba el cimientito.

Nótese, que será habitual que en la prefabricación se invierte la secuencia tradicional, que indica 1º cimientito y 2º muros. Aquí se monta el muro y luego se concreta el cimientito. En otras obras ocurrirá esto con los sobrecimientos prefabricados (ver 3.4-A).

## **3.1-B LOS MARCOS RIGIDOS – PILARES Y VIGAS**

Se diseñan machones de fachadas de 80 cm de ancho, para conformar con los arcos prefabricados, los marcos rígidos de fachadas. Estos machones tienen forma de T cuando reciben vigas interiores que soportan losa de entresijos o cuando reciben cerchas. La decisión de hacerlos en Construcción Tradicional, se debió a que por el mínimo plazo, no había tiempo para resolver las uniones, donde están los mayores esfuerzos. Sin embargo, se prefabricaron los arcos que se repitieron muchas veces, Ver la unión entre Arcos y el pilar – machón en Figura 3.1---28.



Figura 3.1—3



Figura 3.1--4



Figura 3.1—5

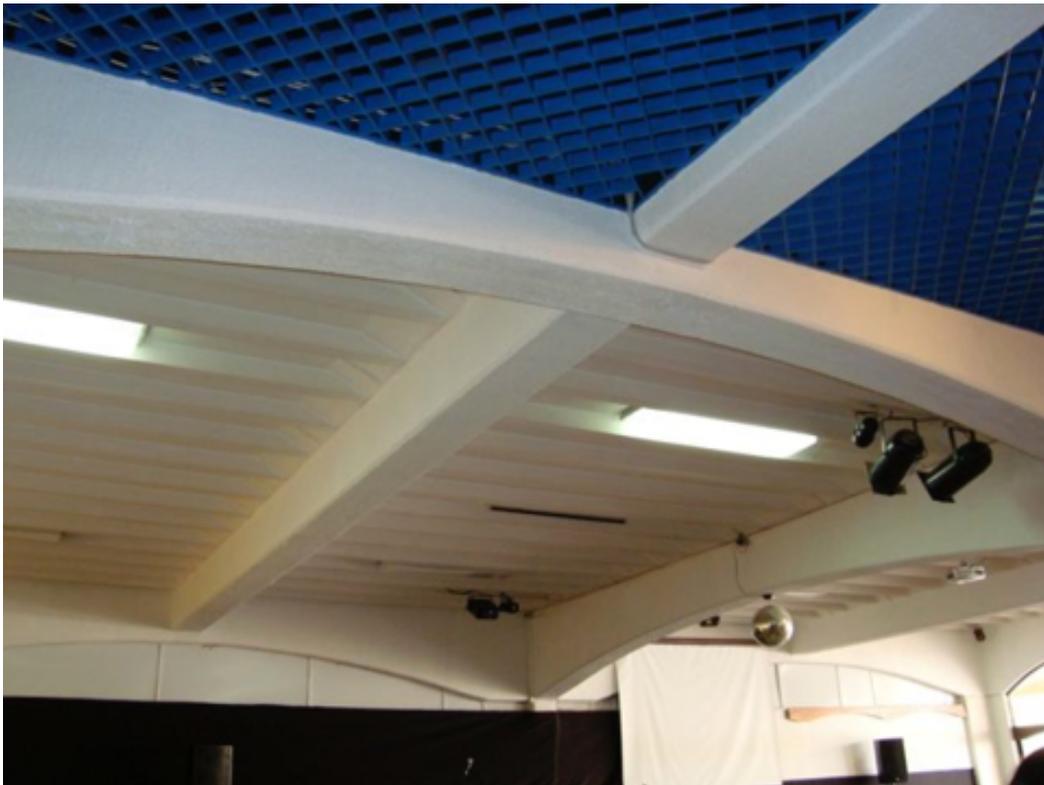


Figura 3.1--6



SALON 12 x 12 m PRIMER PISO - VIGAS ARCO DE 12 m

Figura 3.1--7



Figura 3.1--8



Figura 3.1—9

### **B.1.- DESCRIPCIÓN Y ARCOS DE FACHADA PREFABRICADOS**

Como se expresó, Los Marcos Rígidos se construyeron en forma tradicional.

Se hicieron moldajes finos, se colocó la armadura, se concretó y se desmoldó.

Es penoso ver la parte de construcción tradicional, por el desorden y la variedad de maderas (palos) que se usan (Ver Figura 3.1--4) Los moldajes de las vigas interiores en arcos de 8 y 12 m de luz, con palos verticales cada 30 cm todos diferentes, hasta una pieza horizontal a nivel de dintel y luego las alzaprimas generales de las vigas, cada 1 m o menos (Ver Figura 3.1--5)

Una nota sobre los moldajes. Chile de 1984 no recibía aun los moldajes industrializados de los países desarrollados que tenemos ya en el 2010. La solución habitual era usar entablados y después estucar.

Depetris, optó por una de las primeras obras de estuco cero, con moldajes de contraplacados de madera fina (raulí). Si bien eran caros, las superficies eran pequeñas (solo pilares y vigas interiores, recordamos que los arcos exteriores son prefabricados), en relación a la obra de 3.200 m<sup>2</sup> ya que luego vienen las losas de entrepisos y estructura de techumbres, con Cerchas Prefabricadas.

La foto muestra los pilares concretados con este fino moldaje y colocados los arcos sobre ellos.

**Se ve la diferencia de calidad de las superficies tradicionales y prefabricadas** (Ver Figura 3.1—3).

Es increíble teóricamente, pero siempre el prefabricado da mucho mejores superficies, que en todo caso se igualan con las pinturas, pero el prefabricado no requiere de empastes ni correcciones, se pinta directamente.

Los Arcos perimetrales del módulo general de 4 x 4 m menos el machón de los pilares del Marco Rígido (80 cm) se prefabricaron al lado de sus lugares de Montaje. Las fotos corresponden al salón mayor, de 16 m de luz y 40 m de largo, en 2º piso (Figuras 3.1—10 y 11).



Figura 3.1--10



Figura 3.1--11



Figura 3.1—12

## B.2.- LOS ARCOS DE 12 m y VOLADOS DE 4 m (de construcción tradicional)

En virtud de la estructura de marcos rígidos, moldeados en obra, en forma tradicional, se pudo estructurar esas vigas de 12 m que sostienen un entrepiso (Figura 3.1—7).

Además, tienen forma de arco, de acuerdo a la arquitectura del Stadio, dejando la parte central, la del mayor esfuerzo, con la menor altura.

La idea estructural es que en los 12 m hay 3 tramos de 4 m.

Los tramos laterales, se empotran en los pilares del marco, en una altura aproximada de 1 m.

Y el tramo central, se apoya en esos volados, conformando un todo monolítico, vaciado en obra.

Existen otros volados de 4 m, empotrados en los pilares: en terrazas al oriente y al poniente.

Y han funcionado muy bien (Figuras 3.1—8 y 9).

La Figura 3.1—12 muestra el montaje de los Arcos, en los bordes del pilar, que continuará al 2º piso.

## 3.1-C LAS LOSAS

Como dijimos, los entrepisos constituían el mayor consumo de concreto (60 %) y pasaban a ser la determinante de los plazos. Depetris logró que ajustáramos el proyecto para que **todas** las losas fueran de 1 x 4 m y ejecutó 20 losas cada día.

En las Figuras 3.1—13 y 14 se muestra losa en la grúa y el molde y la enfierradura, antes de concretar.

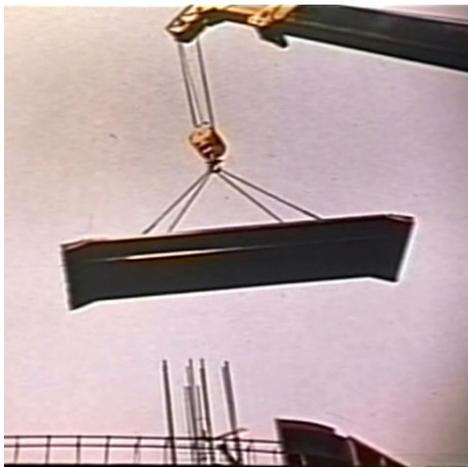


Figura 3.1--13



Figura 3.1--14



Figura 3.1—15



Figura 3.1--16

### **C.1.- FORMA DE LAS LOSAS**

Se eligió la losa Pi. Compuesta por una loseta superior, de 5 cm de espesor y 2 nervios de 10 cm de altura y de dimensiones de 1 x 4 m. Pesaban aprox. 600 kg no siendo aptas para moverlas a mano, obligando a usar medios mecánicos.

### **C.2.- TREN DE PRODUCCIÓN – LOS MEDIOS PRECARIOS – LA TECNOLOGÍA BLANDA y la prefabricación, universal o socializada = al alcance de todos**

Para ello debimos resolver cómo hacer el tren de producción (en un costado de la obra), de modo de hacer todos los movimientos y faenas, para 20 losas cada día.

Depetris no sabía cómo hacerlo con medios precarios. Fue la experiencia del autor, que aportó en esta solución. Se hizo un tren de producción de 10 losas de largo y 3 de ancho. Y se diseñó un puente grúa manual y pequeño (4 m de ancho), para hacerlo correr por todo el largo. Nivelamos tablonces de construcción y le colocamos un ángulo metálico apoyado en su diagonal. Y se compraron las ruedas que le hacían (Ver Figuras 3.1—15 y 16). La Figura 3.1—15 muestra el stock de losas desmoldadas en período de fragua. La Figura 3.1—5 muestra la diferencia de limpieza entre sistema Prefabricado y Tradicional, además se puede advertir la demora del segundo.

Este “columpio” se movía empujado por los obreros, y tanto para levantar como para desplazar las cargas, se usaron poleas de cadenas, operadas manualmente.

Y así se actuó, concretando las 20 losas diarias y levantándolas del molde a la mañana siguiente. Estábamos en Setiembre, aun habían heladas o bajas temperaturas nocturnas, que impedían el curado del concreto. Por eso, Depetris dispuso unos arcos de fierro redondo en secuencia, que estructuraron una cubierta de doble lona de mezclilla, llegando hasta el acopio de arena, mojada por las lluvias. Luego colocó 7 estufas eléctricas alrededor de la arena, generando así una atmósfera húmeda con temperatura conveniente, para acelerar el curado. Una especie de curado a medio vapor, con medios precarios. Eso permitió levantar de sus moldes los Premoldeados, al día siguiente, que con las temperaturas reinantes, no hubieran podido fraguar, lo cual fue clave para cumplir el plazo.

### **3.1-D LAS CERCHAS Y LA CUBIERTA. SU FORMA ESPECIAL**

La cubierta estaba concebida con tejas, para rememorar la arquitectura italiana habitual.

Por ende, con una gran pendiente, atenuada de acuerdo a normas.

En esas condiciones, el Proyecto contemplaba el uso de Cerchas, cada 4 m, sobre los Pilares del Marco Rígido para la estructurar las techumbres de los diferentes grandes salones, de 12 y 16 m de luz.

La intención proyectual, fue que por ningún motivo tuvieran un cordón inferior horizontal, por el cielo virtual que se producía con las repeticiones: el salón mayor mide 40 m de largo. (Ver Figura 3.1—20)

Así, de la mano del Ing. Calculista (Sr. Sigfried Wrahn) diseñamos las cerchas existentes.

Pero le agregamos, cuando daba al norte, un tragaluz, para aumentar la iluminación natural y ventilar, pero especialmente para ganancia solar en orden a lograr mejor habitabilidad y Eficiencia Energética. Lo que se puede apreciar en Figuras 3.1—17, 18 y19.



Figura 3.1—17



Figura 3.1—18



Figura 3.1—19



Figura 3.1—20



Figura 3.1—21



Figura 3.1--22



Figura 3.1—23



Figura 3.1—24



Figura 3.1—24.-A.



Figura 3.1—25



Figura 3.1--26

### **D.1.- FORMA DE PRODUCCIÓN, EN TORTA**

Estas Cerchas se fabricaron en el costado de cada salón donde se iban a Montar (Ver Figuras 3.1—23 y 24). En la Figura 3.1---24.-A se aprecia la cercha de 16 m al lado de la visión del sistema de construcción con los marcos rígidos tradicionales, generando el volado de 4 m para la terraza y las

losas Pi, esperando la sobrelosa estructural que une todo.

Se usó el eficiente sistema de Moldaje en Torta. Esto es una Cercha se concretaba hoy y al día siguiente otra encima, separadas por una plancha de madera prensada Cholguán. Y así hasta terminar todas las Cerchas del salón. Luego venía la grúa (arrendada) y las montaba en medio día. El moldaje central en los huecos, era de toda la altura y los exteriores, eran solo de 2 Cerchas de altura, desplazables en la vertical. Se pueden apreciar, junto a la enfierradura en Figuras 3.1—25 y 26. Las armaduras se pre prefabricaron aparte, para mayor velocidad de producción.

## D.2.- LAS CERCHAS SON NOTABLES

Oreste Depetris tenía gran experiencia en estructuras reticulares de hormigón armado.

Sus Cerchas destacan por sobre muchas publicaciones de los países desarrollados.

Las del Stadio Italiano, destacan por su esbeltez. Es tanta, que llegan arquitectos y dicen: “esto no es hormigón”.

Este dicho tiene una doble interpretación:

- 1.- Es de otro material, disfrazado de hormigón. El hormigón no puede ser tan esbelto.
- 2.- No corresponde al hormigón, concebido por muchos como arquitectura con expresión de masa, como la genial capilla de Ronchamp de Le Corbusier.

La respuesta a ambos, es que: Sí, es hormigón armado, que ahí está trabajando estructuralmente bien, incluso pasados hoy 3 terremotos.

Habría que agregar que Ronchamp es más bien la expresión de una arquitectura de adobe y que el hormigón armado nos deja libertad de expresión, de acuerdo a sus capacidades.

Es un maravilloso ejemplo de Prefabricados de hormigón armado.

Estas Cerchas, en 12 m de luz, tienen secciones de 15 x 15 cm excepto el cordón superior que es de 15 x 20 cm. Estimo que son realmente bellas. También las de 16 m de luz, son admirables, Cabe hacer presente, que el autor se opuso a que se incluyeran elementos pre o post tensados, para demostrar las capacidades del H.A. normal, que está fácilmente al alcance de todos.

## 3.1-E ASPECTOS VARIOS

### E.1.- EL MONTAJE DE DIFERENTES COMPONENTES

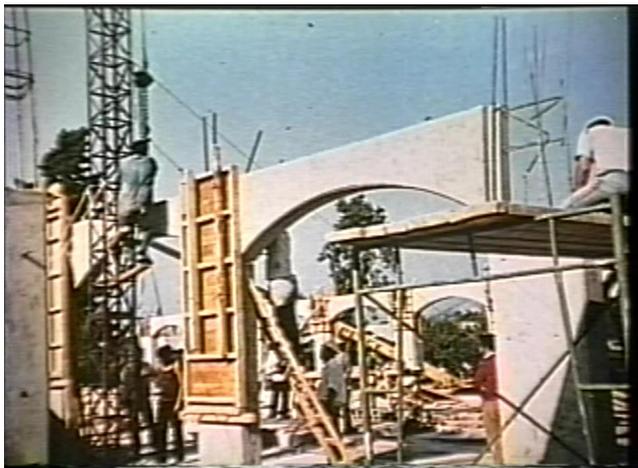


Figura 3.1--27



Figura 3.1—28

Los Montajes, se hicieron mayoritariamente con grúas arrendadas para cada ocasión.

Pero es interesante destacar que en el salón grande, para acelerar el Montaje, se usó un sistema de

izaje para los Arcos, basado en un pilar modular de 4 caras, de 30 x 30 cm, reticuladas con perfiles pequeños de hacer. Son de 6 m de largo, empalmables entre sí. (Figura 3.1--27) Este pilar vertical, se sustenta con vientos de cables de acero, anclados con estacas de fierro redondo. En la parte superior se coloca una doble te de acero, de la cual se cuelga una polea para elevar en forma manual los componentes y lograr su colocación. Es una solución de izaje, al alcance de todos.

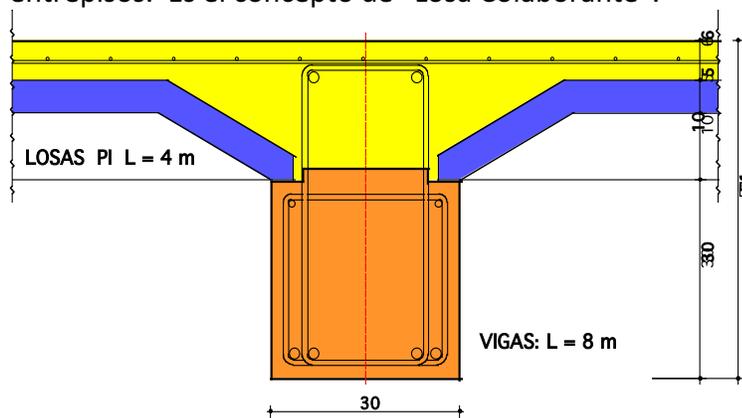
## E.2.- LAS UNIONES:

Siempre se consideran conflictivas al usar componentes Prefabricados. **Peo no es así.**

Las uniones fueron “húmedas” es decir, concretadas en obra, con traslapos de armaduras. Es interesante ver en Figura 3.1—28 la solución escogida para la unión de los Pilares, con los Arcos exteriores Prefabricados, en los módulos de 4 m que forman parte de los Marcos Rígidos estructurales.

Solo las uniones de Cerchas a los pilares, fueron secas, con un “hombro” en U, de H.A. que las recibe, y un perno para fijarlas,

Es muy interesante ver las armaduras de las Cerchas ( )Ver Figuras 3.1—25 y 26. ¿Cuál es la solución para conectar las diferentes piezas entre sí? Y cómo pueden ser muy esbeltas las piezas sometidas a tracción, pudiendo ser más largas, tratando de acortar las comprimidas, para mantener la sección. La otras uniones destacables, por sus muchas posibilidades de aplicación, están en el sistema de entrepisos. Es el concepto de “Losa Colaborante”.



Debemos saber, que todo entrepiso con Componentes Prefabricados, de H.A, siempre termina con una Sobrelosa Estructural que lo unifica todo y le da la condición de “diafragma” de 6 cm de espesor, en este caso. Las losas Pi, no están fijadas en sus apoyos, están simplemente colocadas en sus lugares, esperando la Sobrelosa estructural que las una entre sí y con los elementos estructurales de apoyo y que los rodean. La Sobrelosa termina de estructurar a las losas Pi, otorgándoles una altura final razonable, de 21 cm. Es uno de los ejemplos en que la Sobrelosa actúa como colaborante de la losa Pi, en el sentido de sus nervios, en la luz de los 4 m.

El otro ejemplo, más valorado, es el de la viga central Prefabricada, bajo el salón mayor de 16 m de luz. En ese piso, la estructuración inferior de pilares, fue de 8 x 8 m. Como las losas Pi son de 1 x 4 m se requiere una viga intermedia. En este caso, la Sobrelosa Estructural, actúa como colaborante de la Viga, aumentando su altura y otorgando una buena sección de compresión en la parte superior.

### E.3.- LA CAPILLA SAN FRANCISCO



Figura 3.1—29

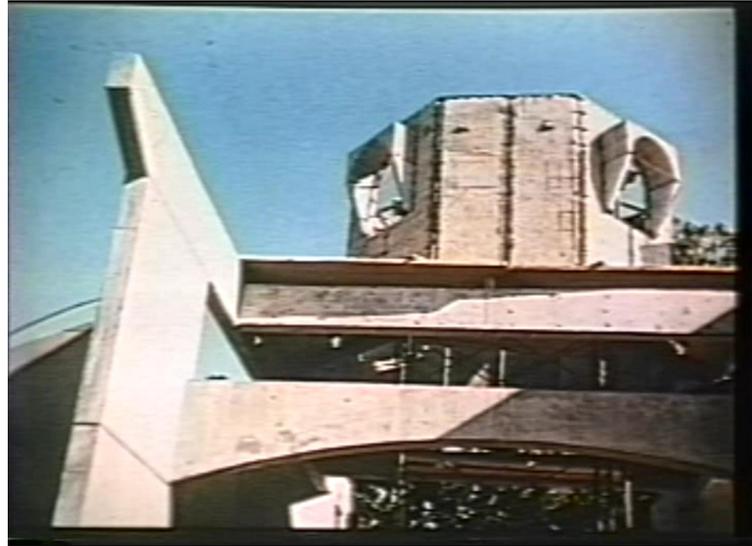


Figura 3.1--30



Figura 3.1--31

Es un proyecto especial, por ser una actividad muy diferente (Ver Figuras 3.1—29, 30 y 31).

Se ofrece una planta octogonal, de muros concretados en obra, acompañados por elementos horizontales Prefabricados, al costado, junto a la Capilla, que forman el acceso cubierto.

Se remata sobre la techumbre con una torre ejecutada con paneles de Concreto Armado Liviano (Cepolita, de Simplex Cepol) montados a mano y estucados finalmente, unificando estructuralmente el conjunto y dándole una terminación adecuada. Este sistema, permitió y permite, formas más complejas, para Prefabricarlas y llegar a obra y darles terminación final.

### **3.1-F RESULTADO FINAL DE LA OBRA DEL STADIO ITALIANO: COSTOS Y PLAZOS**

Era difícil de prever. Una obra por Administración, con sobrecostos por Mano de Obra, en 2 y 3 turnos al final, con sobredosificaciones en los hormigones y comprando o arrendando maquinarias y herramientas que no tenía la Constructora. Los costos y plazos eran inciertos.

La obra fue controlada por un excelente Profesional contratado por el Stadio, autorizando cada gasto, como es la usanza en obras por Administración.

Finalmente, terminada la obra, los cómputos dieron un resultado altamente deseable:

Un 19 % menor que la tasación Municipal para los Permisos de la DOM.

Sabiendo que esa tasación está bajo el valor real de las obras.

### **TRASCENDENCIA ECONÓMICA DE LOS PLAZOS**

Los Plazos permitieron prácticamente ganar un año en el funcionamiento del Stadio, según lo expresado anteriormente. Pero los menores Plazos producen economías importantes en la construcción: Gastos Generales, Mano de Obra y Materiales (robos y destrucción). Además anticipan la utilización de los usuarios. Producen un círculo virtuoso completo.

### **REFLEXION**

Cinco Consultores de Ingeniería de alto valor, habían determinado que no se podría hacer la obra en menos de 7 meses. Y esto después de planos completos y propuestas por suma alzada. No se sabe a qué costos.

Sin embargo, esta obra se construyó en 4 meses, por Administración, sin más que un Anteproyecto, desarrollando los planos de Construcción a medida que avanzaba la obra. Evidentemente fue un enorme esfuerzo realizado, instalando oficina en el mismo Stadio, a pie de obra, con residencia permanente de 2 Arquitectos.

Esto podría ser demostración de:

- 1.-** Lo positivo de las Obras por Administración, en las dudas habituales; plazos y costos.
- 2.-** El gran aporte de la Prefabricación, y la positiva resultante de Costos, Calidad y en especial Plazos.
- 3.-** Que los sistemas tradicionales de construcción y los contratos de Suma Alzada no necesariamente dan mejores resultados. Sabemos que cada día hay mayor judicialización en este tipo de contratos, que significan aumentos de costo y plazos. Está vigente la Ingeniería de Reclamos.
- 4.-** Que lo ocurrido en esta Obra, estuvo marcado por la Buena Fe de las partes, todos empujando para el mismo lado, y la confianza de los Directivos del Mandante, que creyó en sus equipos Profesionales y arriesgó al tomar esas decisiones, con bastante incertidumbre.

Obviamente que la Administración del Stadio tuvo un estricto Control de la Obra, posteriormente a las decisiones fundamentales.

- 5.-** Que nos alegramos mucho por los éxitos logrados, ya que esta Obra, pone en práctica la Industrialización sin Industria, al alcance de todos; y que mejor, que en una obra por Administración,

con una Constructora con excelentes Profesionales (Oreste Depetris, Martín Mellado, Sigfrid Wrahn) pero sin Capital ni recursos económicos. Remarcamos que es la Obra Típica más significativa, del sistema planteado de Industrializar sin Industria.

### **3.1-G TERREMOTO DEL 3 DE MARZO DE 1985**

Recuerden: esta Obra se inauguró en la fiesta de Año Nuevo 1984 – 1985, con 2000 personas en la Cena Show.

Dos meses después, viene el Terremoto de 3 de marzo de 1985, altamente destructivo en Santiago. Yo estaba en El Tabo, entre los 2 epicentros; Algarrobo y San Antonio. Fue al atardecer.

Al día siguiente, temprano me vine a Santiago, especialmente a ver el Stadio Italiano y específicamente la Capilla, donde la torre de concreto liviano quedó en condiciones de “Chicotear”, ampliando el esfuerzo sísmico.

Pasé por San Antonio y Melipilla, con tremendos daños.

Llegando al Stadio, encontré que no había daño alguno, ni en la Capilla ni en las diversas dependencias. Ni en las juntas de dilatación del edificio.

Igualmente ocurrió en el terremoto del 27 de febrero de 2010.

Y permanece intacto hasta hoy (mayo 2017)

### **3.1-H ANÉCDOTA: ARRIOSTRAMIENTO DE LAS CERCHAS en el 1er SALÓN**



Figura 3.1—32



Figura 3.1—33

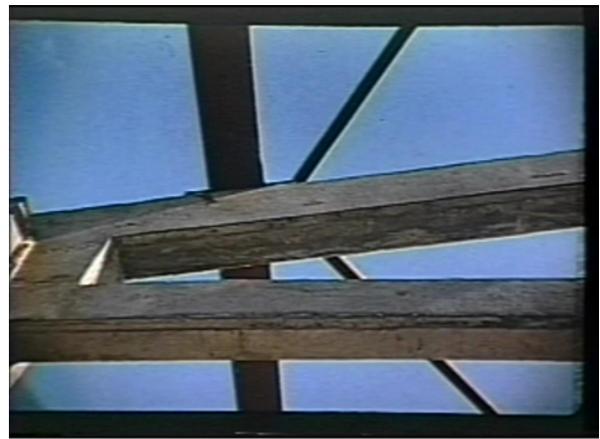


Figura 3.1—34

Es muy interesante y formativa esta Anécdota.

Cuando vi como se Montaban las Cerchas del primer Salón, me di cuenta que si venía un sismo de Oriente a Poniente, las Cerchas se volcaban, cayendo sobre un salón con capacidad para 600 personas. Se volcaban por tener mucha altura sobre los apoyos y por pesar sobre 3 toneladas c/u. La unión entre ellas es de una viga cumbreira, mínima, unidas a las Cerchas en “media madera”, en 6,5 cm de apoyo (ver Figura 3.1--32). Obviamente no resistían un empotramiento.

Le planteé el problema a Depetris, responsable del cálculo y no me hizo caso. Fui a Gerencia y tampoco recibió mi opinión, aduciendo (como Depetris) que habían excelentes Calculistas, además incluidos como parte del equipo: Sarracín y Saragoni, del más alto nivel nacional e internacional. En vista de la no recepción de mi fundada inquietud, redacté una carta a Gerencia, de los 3 Arquitectos, diciendo que si había un sismo en el sentido perpendicular a las Cerchas, estas se volcarían, se quebrarían y caerían sobre los eventuales usuarios de ese recinto; y que NO nos hacíamos responsables de esas muertes, puesto que avisamos al Stadio y a la Constructora, sin obtener reacción. Costó mucho para que los otros dos Arquitectos la firmaran, pero al final se logró y la entregamos a Gerencia.

Una semana después, aparecieron diagonales de acero al nivel de cubiertas, formando un diafragma que inmovilizaba el posible volcamiento de las Cerchas. Luego, todas las techumbres se diagonalizaron (ver Figura 3.1—33 y 34).

El Terremoto del 3 de marzo de 1985, dos meses después de construido, ocurre con 300 personas dentro de este recinto, en un Matrimonio. El sismo fue exactamente perpendicular a las Cerchas y no hubo daño estructural, gracias a Dios.

## REFLEXIÓN

¿Qué hubiera pasado, si el Arquitecto no hubiera sido Tecnológico y no hubiera captado esto?

¿Qué imagen habría quedado de los Prefabricados?

A la Innovación no se le perdona, se la descalifica. (Es una terrible realidad, el castigo a la Innovación). Todas las Obras, de todo tipo, están expuestas a daños sísmicos. Todo se puede hacer bien y todo se puede hacer mal. No es que sea Tradicional o Prefabricado.

Cómo el Arquitecto debe estar preparado, no para calcular, pero sí, para advertir cómo trabajan las estructuras. Y así cautelar las posibles desgracias materiales y humanas. Es lo que tiene el deber de detectar el Arquitecto, al visitar la construcción de sus Obras.

### 3.1-I EXCEPCIONAL RESULTADO DE ALTA PRODUCTIVIDAD

\* **Costos bajísimos**

- Menores insumos de materiales
- Menores insumos de Mano de Obra
- Mayores remuneraciones de los Obreros

\* **Plazos increíbles**

- Permitieron ganar un año al Stadio Italiano
- Uso inmediato en temporada de verano

\* **Calidad estructural y seguridad sísmica**

- Probadas en sismos de 1985 y 2010 y hasta hoy (enero 2019).

\* **Expresión Arquitectónica**

- Con reminiscencia italiana
- Excelente expresión exterior e interior de los elementos estructurales
- Funcionalidad de recintos, sus relaciones y su funcionamiento.

\* **Buena relación del Proyecto, desde el inicio, con la introducción de Prefabricados**

- Planos y Especificaciones oportunas, acordes al rápido avance de la Obra

\* **Permitió Prefabricar sin Fábrica, al lado de las faenas de Montaje**

- Menor transporte, producción de Componentes Prefabricados, a tiempo
- Montaje con grúas arrendadas, a bajo costo
- Rapidez del Montaje, por ser elementos más terminados

\* **Sustentabilidad**

- + Económica, para el Stadio
- + Social, utilización de los socios del Stadio, un año antes.
- + Social, por beneficios para la Mano de Obra
- + Emisiones menores, de polvo y ruido y en menos tiempo
- + Tecnológica, por dejar un ejemplo para el futuro, demostrando la posibilidad real de Prefabricar sin Fábrica e Industrializar sin Industria = Al alcance de Todos.

• **RESUMEN:**

•

• **SE LOGRÓ PRODUCIR MÁS, CON MENOS**

•

• **EN MENOR PLAZO**

•

• **CON COSTOS BAJO LO NORMAL**

•

• **= MÁS PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD,**

•

• **Además la Sustentabilidad que aporta la Prefabricación.**

### 3.2.- OBRA: VEGA LO ESPEJO

Consiste en 19 galpones, con pasillo central y naves laterales para locales de venta de productos alimenticios. Ver Imagen total en Figura 3.2—1. El bodegaje está en altillo en nave lateral más alejada del centro (Ver Figura 3.2--2). Esta losa es de 10 cm y toma una luz de 5 m y es pretensada.



Figura 3.2—1



Figura 3.2—2

Los Prefabricados se ejecutaron en el mismo sitio de la obra, en lugares sin cobertizo. Habían componentes horizontales pretensados y pilares sin pretensar. fabricados en dos trenes paralelos (Ver Figuras 3.2—3 y 4).



Figura 3.2—1 + 5



Figura 3.2—2 + 6

En ellas se muestran ambos trenes de producción y el sistema de fraguado a vapor, cubiertos por doble lona tipo mezclilla, que permitió sacar del molde, dos premoldeados al día, para dejarlos en stock para fragua completa (mejor aprovechamiento de costosos moldes metálicos). Resultaron elementos, bellos y esbeltos, montados con grúas, rápidamente (Ver Figuras 3.2—1, 2 y 3).



Figura 3.2—3



Figura 3.2—4



Figura 3.2—5



Figura 3.2—6

La solución estructural es con empotramiento de los Pilares, para tomar también el sismo, dejando el resto de las uniones, articuladas.

La fundación de pilares empotrados, se puede apreciar en las Figuras 3.2—7 y 8. Cabe mencionar que esta Obra, destinada a ser una Vega, posteriormente se cambió su uso



Figura 3.2—7



Figura 3.2—8

### 3.3.- OBRA: LAS DOS TORRES EMOS

Son torres de Oficinas y se emplazan frente a la Estación Mapocho. Cuentan con 22 pisos y una planta tipo de 30 x 30 m (Ver Figura 3.3--1). Presentan un núcleo central sistema tradicional, de circulaciones verticales y servicios, de aproximadamente 10 x 10 m y fachadas, en sistema tradicional, dejando las naves circundantes de 9,5 m de luz libre. Es excepcional esta nave sin pilares intermedios.

Para las losas se diseñó especialmente, un Premoldeado de H.A. Pretensado de baja altura que cubre la luz de 9,5 m sin apoyos intermedios y sin alzaprimas en el Montaje (Ver Figura 3.3--2). Y se ganaron 2 pisos, en altura permitida. Estos Premoldeados fueron desarrollados y fabricados por el Ing. Fernando Bruna, uno de los mejores discípulos de Oreste Depetris, lamentablemente fallecido, en su plenitud, a los 55 años.

Varios semestres asistimos con el curso de la Universidad Central, en diferentes etapas de la construcción. Subíamos hasta el último piso que estaban montando. El ingeniero a cargo, se quejaba, porque el Montaje de las losas Prefabricadas, demoraba 9 horas en cada piso, pero las esquinas, fuera de modulación debieron hacerse tradicionales y demoraban una semana. Las complicaciones, se pueden observar en la Figura 3.3—5 y compararlo con Figura 3.3—4. Este problema se pudo resolver prefabricando en la obra las pequeñas losas de esquinas, pero la limitación de pensar que los prefabricados salen solo de una fábrica, lo impidió.

Es importante observar en las imágenes, las diferencias entre la complicación y la suciedad de la construcción tradicional y la limpieza y simplicidad del Montaje de la Prefabricación y tomar en cuenta la diferencia de velocidad de un sistema de elaboración tradicional en obra y otro de Montaje de Componentes (Ver Figura 3.3--3). En ella se puede observar la losa pretensada, limpia y sin alzaprimas. El núcleo central y las fachadas son de construcción tradicional, donde se ve el desorden y la falta de seguridad de los obreros, que obviamente bajan sus rendimientos.



Figura 3.3—1



Figura 3.3—2

En la Figura 3.3—3 se aprecia cómo los enfierradores elaboran sus materiales colgados en el aire



Figura 3.3—3



Figura 3.3—4



Figura 3.3--5

### **3.4.- OBRA: VIVIENDAS SOCIALES (O.Z.) 2002 a 2010**

Yo, era el enemigo del ladrillo, me encontré que era lo que los propietarios exigían.

¿Por qué esta enemistad, con un material cuyos valores no puedo dejar de reconocer? Además de existir Obras brillantes de Eladio Dieste de Uruguay, Solano Benítez de Paraguay y Fernando Castillo de Chile. Porque es la antítesis de la Prefabricación y una competencia real para ella, dado su precio

Yo, era el enemigo del ladrillo, me encontré que era lo que los propietarios exigían.

¿Por qué esta enemistad, con un material cuyos valores no puedo dejar de reconocer? Además de existir Obras brillantes de Eladio Dieste de Uruguay, Solano Benítez de Paraguay y Fernando Castillo de Chile. Porque es la antítesis de la Prefabricación y una competencia real para ella, dado su precio

y las costumbres nacionales, que lo prefieren. Además, porque se ejecuta con muchos errores que son vicios de los albañiles chilenos, absolutamente reacios al cambio de sus métodos. Y porque se aplica sin innovaciones, como los tres profesionales mencionados. Pero hay que reconocer que los ladrillos prensados, que permiten una albañilería armada, son un importante avance. Con esos trabajé. Pese a lo mal que se construyen, resisten incluso a sismos severos. También, porque es un material antiquísimo (aparece en Génesis 11 Torre de Babel) y su materia prima y productos, han tenido poca innovación, en relación al tiempo. Y porque usarlos es cómodo e impide el esfuerzo de la Innovación.

Entonces ¿Cómo incorporar Prefabricación en el 1er piso de ladrillos? Ese fue mi problema.

Se optó por incorporar Prefabricados de Hormigón Armado, en Sobrecimientos y Cadenas.

Luego los Entrepisos, se ejecutan con soluciones Prefabricadas en H.A. y Madera.

Los muros de 2º piso se componen de Paneles Prefabricados de estructura de Madera y que incluyen los revestimientos exteriores. La estructura de techumbre se resuelve con la Prefabricación de Paneles Cielo-Techo.

#### **3.4-A SOBRECIMIENTOS PREFABRICADOS**

##### **Solución industrializable**

Las Vigas de Sobrecimientos (VSC) son Prefabricadas en H.A. de 14 x 20 cm apoyadas en poyos a distancias máximas de 3 m, 200 kg, lo que está al límite del peso de transporte manual con 4 operarios. Como se apoya en pequeñas zapatas o poyos de 3600 cm<sup>2</sup> es decir 60 x 60 cm o 40 x 90 cm, hay que tomar en cuenta que la luz es entre poyos y la viga sobrepasa esta dimensión, pudiendo largarla hasta que pese 300 kg para moverla con 6 operarios. Eso llega a algo más de 4 m. El Cálculo Estructural, ha demostrado que en 1 y 2 pisos, no se requiere fundación corrida. Y para estos casos, basta con poyos de 3.600 cm<sup>2</sup>, es decir 60 x 60 cm o 40 x 90 cm. Esto para terrenos como los de Recoleta, limo arcillosos, y finos; y Lampa, igualmente, pero con agua muy superficial (en Lampa construimos solo 1 piso en albañilería).

Teníamos 2 problemas que solucionar: La unión entre las VSC y el poyo de fundación; y la unión entre VSC. La unión al cimiento se resolvió, presentando las VSC en su posición final y luego llenar el cimiento (poyo), asegurando el apoyo total de la VSC, sobrepasándola en unos 2 cm. Esto significó que colocamos primero los sobrecimientos y después llenamos los cimientos. La unión entre VSC se resolvió de tope, sin unión entre ellas, pero ambas unidas al cimiento, por tensores de la albañilería (Ver otro caso en 3.7). Pero surgió otro problema: cómo anclar los tensores de la albañilería que no

caían en los poyos, es decir anclarlos en la Viga, que venía Prefabricada.

Nos costó mucho resolver esto. Estábamos en la obra, el ingeniero dueño de la Empresa, el ingeniero calculista, yo el Arquitecto, 2 constructores, a cargo de las obras; y no encontrábamos solución. Y fue un obrero que corrió a buscar y volvió con un trozo de poliestireno expandido atravesado por un fierro. Comprendimos que si eso lo colocábamos antes de concretar la viga, dejaríamos un hueco

donde anclar y concretar: Genial. Este es el aporte de abrir la participación, organizada, de los obreros, ya que ellos tienen la experiencia del hacer de la construcción. Después se aplicó otra solución: Perforando en obra, 15 cm en los lugares de los tensores y aplicando epoxi líquido para encajar luego el tensor y dejar fraguar unas 24 horas.

Existe una ventaja substancial de este tipo de VSC Prefabricadas: es en el caso de terrenos en pendientes. Todos los terrenos tienen pendientes, pero unas más significativas que otras. En el caso expuesto de la obra CVH Huallilemu (Ver 3.7) se ven fotos de casos de mayores pendientes y se cuenta la experiencia.

### **¿Por qué decimos en el título, que son Industrializables?**

Porque cuando en la prefabricación en obras, llegamos al máximo de eficiencia en algún componente, podría ser industrializable. ¿Qué significa esto? Que este componente fabricado por la Constructora para sus propias obras, se podría vender abiertamente como producto industrial. Aportando una solución eficiente en costos y plazos al mundo de la construcción. ¿Por qué son eficientes? Porque su sección es mínima, para recibir ladrillos, porque su armadura es de malla ACMA doblada: geometría perfecta, que exige menos recubrimientos y es prefabricada. Porque los moldes metálicos, en torta, ahorran espacio y mejoran la fragua. Porque son mucho más económicas en casos de mayor pendiente (Ver 3.7), son transportables y montables por el hombre.

La industrialización abierta no sucedió, por lo reacios que son los constructores a los cambios y a la industrialización. No son como en Corea, ejemplos ya mencionados en párrafo final de 2.8-A.



Figura 3.4-A---1



Figura 3.4-A---2



Figura 3.4-A---3

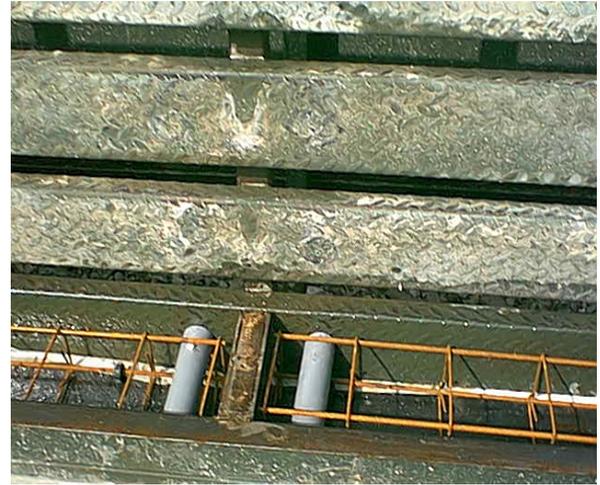


Figura 3.4-A---4



Figura 3.4-A---5

La Figura 3.4-A---1 Muestra las Vigas de Sobrecimientos (VSC) colocadas en posición antes de llenar el cimientto. La Figura 3.4-A---2 muestra los cimientos ya llenados y los tensores de la albañitería ya colocados, anclando las VSC al cimientto. Nótese la salida de otros tensores, de la VSC entre apoyos. Las Figuras 3.4-A---3, 4 y 5 muestran la fabricación de las VSC en el terreno de la Instalación de Faenas. En la 3 y la 4, los moldes metálicos para fabricar “en torta”, mostrando el tubo plástico que perfora la viga para anclar los tensores al cimientto y de paso a la VSC. La 5 muestra el puente grúa hechizo, que recorre entre la producción en los moldes, atrás y el camión de transporte, adelante. Se mueve empujado por los operarios. Para izar los componentes se usó un tecele eléctrico y para moverlos lateralmente, la mano del hombre.

### **ANÉCDOTA: A 3 - OBRA CALERA DE TANGO**

Constructora Johansen – Arquitecto Oscar Zaccarelli V.

Fue una obra de 206 viviendas en Calera de Tango, sector Poniente - Sur de Santiago.

Terreno casi plano, con loteo y urbanización. Las viviendas, de un piso, de unos 45 m<sup>2</sup> ampliables, muros de albañilería armada de ladrillos industriales. En esta anécdota se incluye una lucha del Arquitecto con el Ing. Calculista, que era amigo del Constructor y contratado por él. Se fundaron en

terreno fino, a 60 cm de profundidad, en forma de poyos separados 3 m máximo. La opinión del Arquitecto era fundar sobre la capa de ripio, a aprox. 1 m de profundidad, con la primera capa de ripio apisonado y luego el concreto normal. Los sobrecimientos se proyectaron Prefabricados. El Calculista le dijo al Constructor, que los hiciera tradicional, que un molde lo trasladara de vivienda, en vivienda, e iba concretando en cada casa. Ernesto Johansen no le hizo caso, porque ya había probado la Prefabricación de los sobrecimientos y había experimentado sus ventajas. Además tenía los moldes metálicos.

Y ¿qué hizo Johansen?. Apuró la fabricación de VSC. La producción seriada en moldes de acero, dispuestos “en torta” en poco espacio, bajo un elemental cobertizo, en la misma obra (Ver Figura 3.4-A---7), es de gran producción diaria y conviene acelerarla mientras llegan los ladrillos y se organiza la faena de albañilería. En unos pocos días, estaba todo el terreno con sus VSC aun sin colocar.

Se aceleraron las excavaciones, se presentaron las VSC en su posición definitiva y se llenaron los poyos (Ver Figura 3.4-A---6). Una vez colocadas la Constructora pudo cobrar esas partidas de todas las casas, capitalizando la Obra. Después continuó la obra, cumpliendo aproximadamente con su Programación Seriada, hasta terminar. Éxito total.



Figura 3.4-A---6



Figura 3.4-A---7

### 3.4-B CADENAS PREFABRICADAS DE HORMIGÓN ARMADO

Para coronar las albañilerías, las cadenas, son una partida poco racional. Moldaje, enfierradura y vaciado de concreto, normalmente manual. Siendo el concreto muy pesado, las cantidades del balde con que se llena, son pequeñas. Resultado: moldes no perfectos, chorreos de concreto hacia la albañilería y eventualmente nidos. Esto obliga a reparar la terminación de las cadenas, que nunca quedan iguales, donde se reparó.

La Prefabricación de las Cadenas tiene varios problemas que solucionar. Una vez probamos colocar premoldeados de Cadenas unidas en obra al ladrillo por mezcla. Esta solución falló por mala adherencia de los componentes prefabricados con la mezcla vaciada sobre los ladrillos, y posterior grieta en las uniones. El problema se solucionó con anclajes verticales cada 60 cm en perforaciones con epóxi.

La solución que exponemos ahora, es de mis últimos tiempos.

Habitualmente hemos usado la cadena disponiéndola en forma horizontal (20 cm de ancho y 14 cm de alto), porque el trabajo sísmico de las cadenas es de forma horizontal, para evitar que en el sismo, el muro se flecte, entre los muros perpendiculares que lo sostienen. Al diseñar la cadena prefabricada, tuvimos especial cuidado del problema de la adherencia con los ladrillos. La solución resultó espléndida. Se puede ver en dibujos y fotografías (Ver Figuras 3.4-B---1, 2, 3, 4 y 5).

La concepción final, resultó con el Constructor, que trabajaba también en Montajes Metálicos, por lo cual, las prefabricó de todo el largo, entre 5 y 6 m. Para montarlas, puso un “columpio” de acero, con una doble T superior, donde instaló un teclé manual, con cordeles de 1”. Y con eso se izaron las Cadenas. La presencia final de estas Cadenas, Prefabricadas con moldes metálicos, fue excelente y francamente admirable. Totalmente rectas, sus cantos perfectos, su textura pareja. Éxito total. La adherencia muy buena, al vaciar en obra la parte central. En los vanos, se colocó una tabla horizontal inferior para contener el concreto. No hubo necesidad de refuerzos, por ser vanos relativamente pequeños.

La armadura es una cadena Acma electrosoldada, de 17 x 11 cm, especial para secciones de hormigón de 20 x 14 cm.

Es una solución disponible para todos.

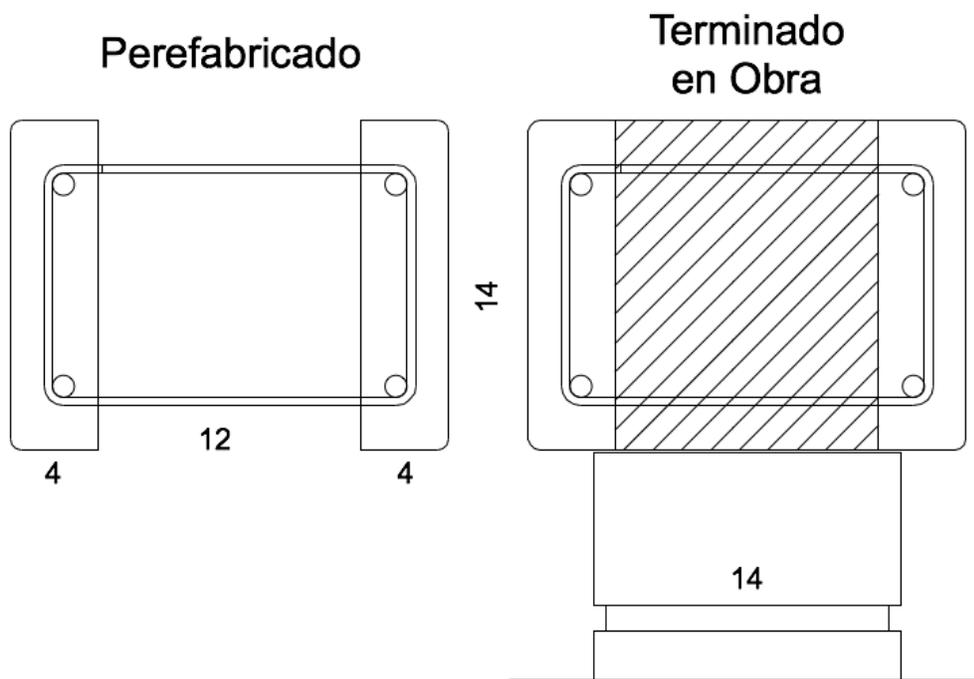


Figura 3.4-B---1



Figura 3.4-B---2



Figura 3.4-B---3

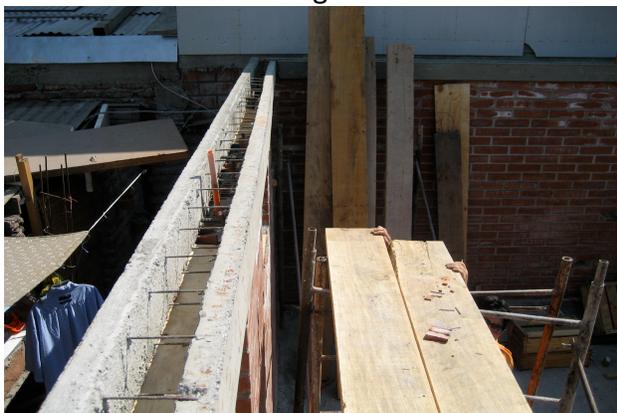


Figura 3.4-B---4



Figura 3.4-B---5

La Figura 3.4-B---1 y 2 muestran la cadena total, colcada, antes de llenar el espacio interior de ella.

También la 3 muestra lo mismo desde otro punto de vista. Y la 4, vista desde el entrepiso. Su fabricación se hizo en la Instalación de faenas, en un espacio de 3 x 10 m. Se compró la armadura ACMA, prefabricada, para componentes de 14 x 20 cm. Se establecieron los moldes y colocando la armadura en forma vertical, se llenó uno de los lados, de 4 cm. Al día siguiente, se sacó el componente, se dio vuelta y se llenó el otro costado. Luego se dejaron en stock para fragua completa y traslado en camión a las obras.

### Observación sobre los moldajes:

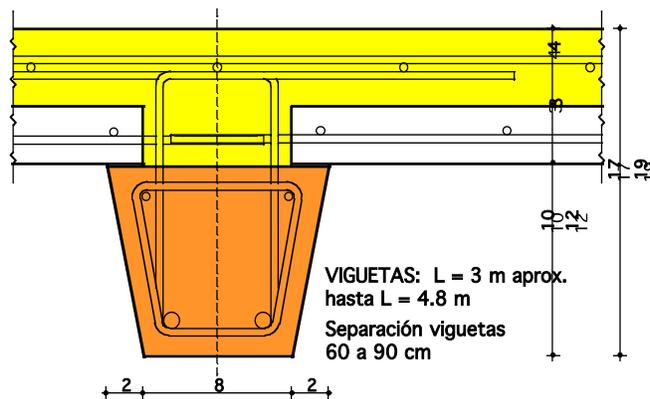
Cuando un componente rectangular tiene un molde fijo, NUNCA se podrá sacar hacia arriba. Para ello se debe dar una pendiente del orden del 10% en relación a la vertical.

En este caso, que los bordes debían ser perpendiculares, diseñamos junto con los maestros, un molde de acero, compuesto, que permitía sacar una parte lateral, para después correr el premoldeado y sacarlo.

## 3.4-C LOSAS DE ENTREPISOS PREFABRICADAS EN HORMIGÓN ARMADO

### MONTAJE MANUAL

Existen varios productos Industriales, para Prefabricar entrepisos de H.A. Fundamentalmente, Losas Pi y Losas Alveolares. Aceptan grandes luces y usan pretensados. También existen sistemas de menores luces, en base a Viguetas pretensadas y Casetones, Aquí nos referimos a un Sistema para luces pequeñas, una innovación personal, que vale la pena exponer porque sirve de base para usarlo y como ejemplo para nuevas creaciones.



Consiste en Viguetas de sección promedio 10 x 10 cm con armadura de fierros ACMA, que se aprecian en el detalle superior y en las Figuras a continuación. Estas, de peso aprox. 100 kg reciben pastelones armados de 3 cm de espesor y dimensiones ajustables a cada proyecto, con separaciones de viguetas cada 60 cm hasta 90 cm teniendo en cuenta que no se podrán pisar antes de completar con la sobrelosa estructural fraguada, de 4 cm de espesor.

La Figura 3.4-C---1 muestra las viguetas alzaprimadas y las losetas tipo pastelón, sobre ellas. La Figura 3.4-C---2 muestra la losa terminada, destacando las viguetas. Las Figuras 3.4-C---3, 4 y 5 muestran las viguetas y losetas en etapa de montaje y la Figura 3.4-C---6 ya completa, antes de pintar. En Figura 3.4-C---7 vemos ya todo colocado y la malla ACMA prefabricada, de armadura de la sobrelosa estructural. En la Figura 3.4-C---8 vemos cómo se fabricaron las viguetas en batería, con molde de hojalata galvanizada doblada con su forma y soportada con piezas de madera. Los fierros que salen, son para conectar la vigueta con la sobrelosa estructural, según detalle expuesto.

Los beneficios de este tipo de losa de entrepisos son: Prefabricación que elimina moldajes de losas.

Reducción de materiales, montaje en seco, excepto sobrelosa estructural, que unifica todo, superficies terminadas listas para pintar, sin correcciones de superficies. Pienso que debería mejorarse este diseño, dando más resistencia a la vigueta, para evitar las alzaprimas.



Figura 3.4-C---1



Figura 3.4-C---2



Figura 3.4-C---5

Figura 3.4-C---6

Arriba, las Figuras 3.4-C---3 y 4



Figura 3.4-C---7



Figura 3.4-C---8

### **ANÉCDOTA: A 4 - CASAS LA FLORIDA – ENTREPISOS PREFABRICADOS**

Se origina en obra en La Florida, casas de 2 pisos, en que le pedí al cliente (Constructor y Calculista), que los entrepisos de H.A. fueran Prefabricados. Le mencioné el Sistema Trálix, y lo fue a ver a la fábrica y lo contrató para todas las casas menos una, que se edificaría después. Resultó un éxito. Pero al llegar la última casa, me llama y voy a su oficina donde me esperaba computador en mano. Me pedía que le diera proporción bella a un Prefabricado que había creado. Se trataba de un Componente de Losa de 4,88 m x 2,00 m de muy bajo espesor, con nervios inferiores para su

resistencia. Primero le expliqué que cuando los elementos están bien calculados y su estructura no forzada, siempre son bellos. Ejemplo: un jet de combate, nada por decoración, todo por aerodinámica y su belleza es total.

Pero esta losa no se puede montar. Esto fue una “ofensa” de un Arquitecto a un Ingeniero Civil, que estaba opinando en el campo de la ingeniería. Después de dimes y diretes, le pregunto ¿cuánto pesa la losa? No sabía. Lo calculó en 600 kg. Siempre que proyectemos un Prefabricado, debemos saber su peso. Y luego ¿con cuántos hombres se monta? No sabía. Un hombre según la OIT puede cargar 40 kg, Yo he calculado siempre 50 kg por hombre, con éxito total.

Resumen, necesitaba 12 hombres. ¿Y ahora como la va a subir? Respuesta: con una rampa. La diseñamos, de 3 m de ancho y con ida y vuelta. OK, llegamos frente al hoyo donde se debe montar. ¿Y ahora como avanzamos?

NO. No es la solución. Hay que descomponer la losa en Viguetas y pastelones. Así surgió esta solución y la empleamos ahí, en mayor altura de viguetas: 12 cm y sobrelosa, de 5 cm y posteriormente en varias casas de luces menores, tipo 3 m.

### **3.4-D ENTREPISOS DE MADERA PREFABRICADOS**

De ellas hablaremos poco. Este tipo de Entrepisos, se debe Prefabricar siempre. Sus tamaños se deciden por las dimensiones del revestimiento de piso, que debe ir ya incorporado y para el tamaño, tomar en cuenta el peso y que para montarlos hay que subirlos. Montaje manual.

### 3.4-E MUROS 2º PISO PREFABRICADOS EN ESTRUCTURA DE MADERA

La gran innovación para Chile, fue emplear Mesas Verticales para armar los Paneles Prefabricados de madera. Un Arquitecto colaborador, estuvo trabajando en Canadá y las utilizó. Diseñamos un atril metálico que permití fabricar por ambos lados, con una pequeña inclinación. En el centro, tenía un pasillo acomodado a una altura que permitiera trabajar la parte superior de los paneles y en el piso, otro operarios que trabajaba la parte inferior (Ver Figuras 3.4-E---1 y 2). Comparando con la costumbre tradicional de fabricar en mesas horizontales, los beneficios de este sistema son: Mejor aprovechamiento del recinto, considerable mayor rendimiento de los operarios, cuidado de la salud, especialmente de la columna y menores movimientos para fabricar.

También es digno de mencionar que las diagonales de los paneles, se diseñaron con una tabla de 1 x 4" calando pie derechos y ambas soleras, unificando así todo el panel. Según la experiencia, recomiendo poner el doble de diagonales según cálculo, por la elasticidad de la madera y para evitar los daños de terminaciones que se producen. Es increíble apreciar la rigidez y firmeza de un panel con este tipo de diagonales, que unifican ambas soleras, lo que no hacen las diagonales que cortan los pie derechos y no unen las soleras.



Figura 3.4-E---1



Figura 3.4-E---2

### 3.4-F PREFABRICACIÓN DE TECHUMBRES - PANELES CIELO - TECHO EN MADERA

Las techumbres en madera, se ejecutan habitualmente desde hace décadas, con Cerchas Prefabricadas, que hoy son Componentes Industrializados con uniones de placas dentadas tipo "gang nail" y también han surgido, con perfiles livianos de acero galvanizado. Es cierto que el sistema norteamericano obtiene eficiencia con cerchas muy cercanas (tipo 61 cm), recibiendo en el plano superior plancha contraplacada de madera, o más bien OSB, que sirve de base a la cubierta de tejuela asfáltica, como un conjunto o "complejo de techumbre" que también recibirá planchas de cielo bajo cerchas, con costaneras o sin ellas. En todo caso conforman un sistema artesanal, hecho en obra, de los más eficientes.

Inicialmente usábamos Cerchas cada 150 cm costaneras superiores e inferiores. Los Controles de Obra nos indicaban en esas partidas: demoras y mayor costo por exceso de Mano de Obra. Realizada una inspección, levantando cubierta de 2 casas, se observó que en la mayoría de las uniones de piezas no se cumplía con los planos de Cálculo. Eso nos motivó a diseñar un tipo de Panel Cielo Techo (CT), que incluyera todo lo de la techumbre, menos la colocación de la cubierta, previo a las instalaciones eléctricas que suelen atravesar varios paneles: Cielo, estructura, aislante, listo para

recibir cubierta. Incluso con los aleros y frontones, si los hubiera.

**Nótese que el aumento de la Productividad, reside en que este Diseño junta varias partidas de la Obra Tradicional, en una sola,** que además, se diseña y Prefabrica para un rápido Montaje

En general, hay 2 tipos de Paneles Cielo Techo: el Paralelo, en que cubierta y cielo son paralelos, bastante habitual; **y el de Cielo Horizontal**. Este requiere más diseño. Ver detalles y planos al final de este ítem. Las descripciones siguientes también corresponden a las imágenes del final.

La estructura propuesta es de madera, del orden de 3 m de luz. Normalmente se apoyan en una viga central (en el eje de la cumbrera de la cubierta, a la altura del cielo) que los recibe por ambos lados. Su ancho es el de la plancha de cielo y sobre ella, van vigas que se apoyan en las fachadas y en la viga central. Estas planchas de cielo suelen ser de Yeso Cartón, por su resistencia al fuego y son de 120 cm de ancho, o de placas de madera, de 122 cm de ancho, las de madera sirven para conformar el diafragma de techumbre habitualmente necesario y evitando las diagonales. En el caso de cielo de yeso cartón, deberá diagonalizarse sobre la plancha de cielo, con tablas de 1 x 3" de acuerdo a cálculo. (Nota: siempre he creído que un cielo de yeso cartón de 1 cm de espesor, es capaz de conformar el diafragma de techumbre, sin necesidad de diagonalizar. Habría que experimentar, tal vez reforzar uniones y contar con la aprobación de cálculo).

Siguiendo con los paneles Cielo Techo de cielo horizontal, su estructura consiste en 3 vigas longitudinales de 1 x 8" que con sus cabezales perpendiculares conforma el panel base, al cual se le clavará o atornillará la plancha de cielo, en la mesa de fabricación. Luego, siempre desde las vigas de costados, se levantan "alzadores" verticales para soportar las costaneras de cubierta, que se apoyarán en ellos. Tanto los alzadores como las costaneras de cubierta, pueden ser de 1 ½ x 2 ½ " o de 1 ½ x 3". En los Paneles extremos de la construcción, debe prolongarse las costaneras hasta el ancho del alero, recibir su tapacán y además incluir estructura y revestimiento del frontón (Ver Figura 3.4-F---8 y 9).

El alero de la fachada de apoyo, consiste en dejar más largo el Panel, aunque sea empalmado por no alcanzar las vigas normales de 320 cm. En ese alero, se termina con un tapacán colocado en obra, para corregir pequeñas tolerancias. Se recomienda usar perfiles de acero galvanizado livianos en los tapacanes, que no se deforman con las lluvias. Esto facilita el Montaje, dejando todo bien terminado y apto para avanzar a gran velocidad. Además, la economía de material y de Mano de obra, ya que la Prefabricación facilita mayores rendimientos y más calidad, especialmente geométrica, en este caso.

En resumen, más control, más precisión, más calidad final, menos materiales, menos mano de obra, rapidez del montaje (Plazos); son valores aportados por la Prefabricación y finalmente: Mayor Productividad y Sustentabilidad.

En recintos de mayores luces, hemos utilizado cerchas cada 3 m y colocar paneles de cielo techo planos apoyados en ellas, resolviendo el anclaje de las planchas de cubierta, sin olvidar que casi siempre deben constituir diafragma. Para ello hemos usado planchas OSB, evitando diagonales horizontales, más recubrimiento de planchas de yeso cartón, como protección al fuego.

Hay un detalle que no queremos dejar de comunicar: en la fabricación, en la unión entre planchas de cielo de yeso cartón con las vigas de madera, colocamos adhesivo PVA con calidad de relleno. Esto porque al transportarlo manualmente, detectamos que sufre alabeos que ensanchan las perforaciones del clavo o tornillo en la plancha de cielo. Otro detalle, es que para la unión del panel cielo techo con los muros perimetrales, se contempla una pieza de 2 x 3" acostada sobre el cielo, conectada a las vigas, que servirá para clavarla o atornillarla abundantemente (según cálculo) a la solera superior de los muros, sin olvidar el esfuerzo del viento que trata de levantar los paneles.



Figura 3.4-F---1



Figura 3.4-F---2



Figura 3.4-F---3



Figura 3.4-F---5

La Figura 3.4-F---1 muestra la techumbre de una caseta sanitaria de 340 x 360 cm de planta, que contiene 3 paneles de Cielo Techo (CT) paralelos, listos para recibir planchas de cubierta. La Figura 3.4-F---2 corresponde al primer panel CT de una casa de 2 pisos. Es un panel paralelo, que mis estudiantes cuando lo vieron, observaron que no traía el tapacán del alero, desde la fabricación, obligando a una faena peligrosa e ilógica en la altura.



Figura 3.4-F---4

Las Figuras siguientes, muestran paneles de Cielo Techo no paralelos, es decir, de cubierta con pendiente y cielo horizontal. La Figura 3.4-F---3 muestra paneles colocados en una caseta sanitaria, observando que no están completos, ya que les falta el revestimiento de frontón y el tapacán, que debían venir de fabricación, para evitar esas faenas en obra, sobre andamios. En la Figura 3.4-F---4 se muestran los paneles CT de una caseta, presentados en el suelo, para que lo entendieran los Constructores a cargo de la obra y los obreros del montaje. Los Constructores no entendían los planos y se oponían a este cambio de solución. Hubo que hacer cubicación del sistema tradicional propuesto oficialmente y de la nueva solución, para que se convencieran del ahorro de material y al verlos comprendieron cómo se facilitaba el montaje. En esta foto, aparece el Ingeniero Fernando Cueto, dueño de la Empresa Caburga, contratista de este proyecto.

La Figura 3.4-F---5 muestra el Stock de paneles en taller de prefabricación.

NOTA: Los paneles no paralelos expuestos, no son los habituales, son especiales, por llevar la pendiente perpendicular a la plancha de cielo y sus estructuras. Es una solución especial.



Figura 3.4-F---6



Figura 3.4-F---7

Las Figuras 6 y 7 muestran un panel CT y su montaje, desde dentro, porque es un 2º piso.

## PANEL CIELO TECHO NO PARALELO

Se muestran 2 Paneles, uno extremo con alero y uno central repetible.

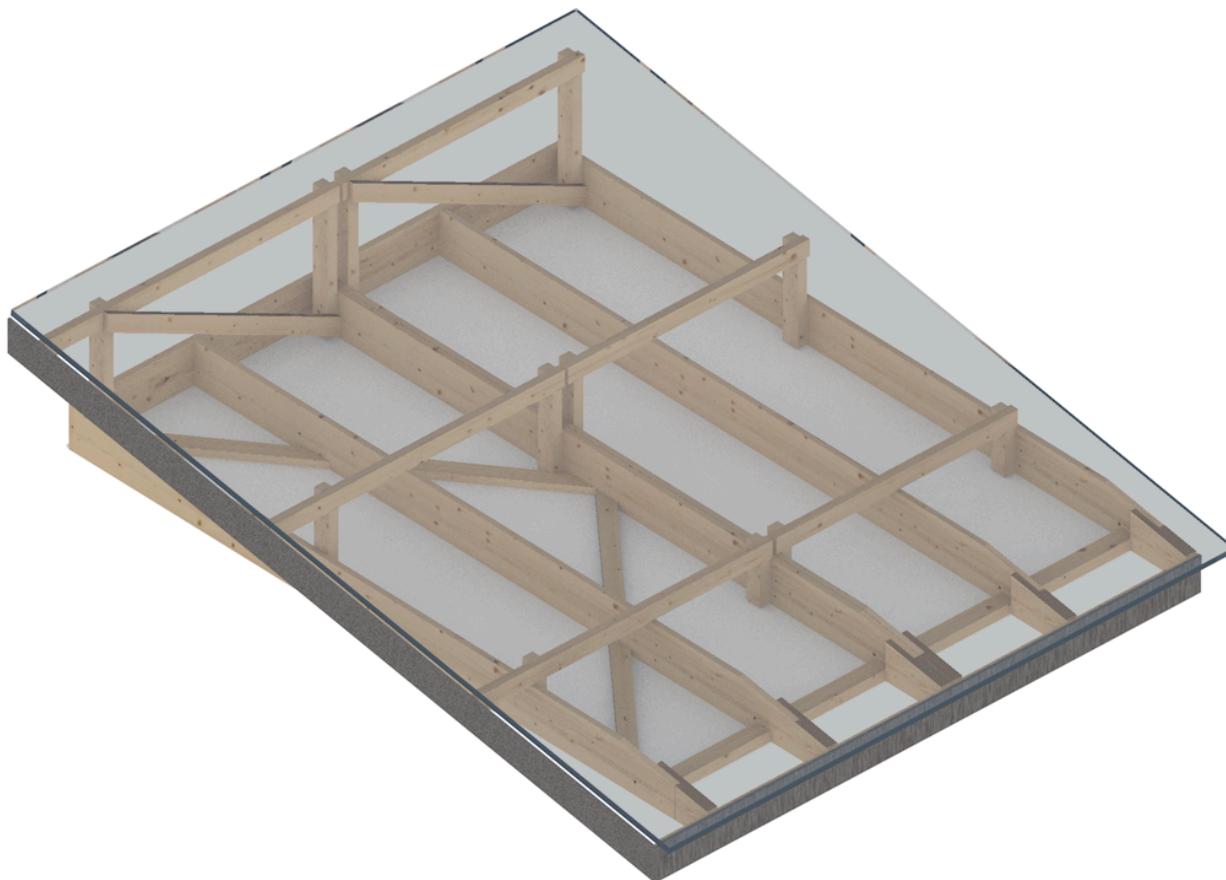
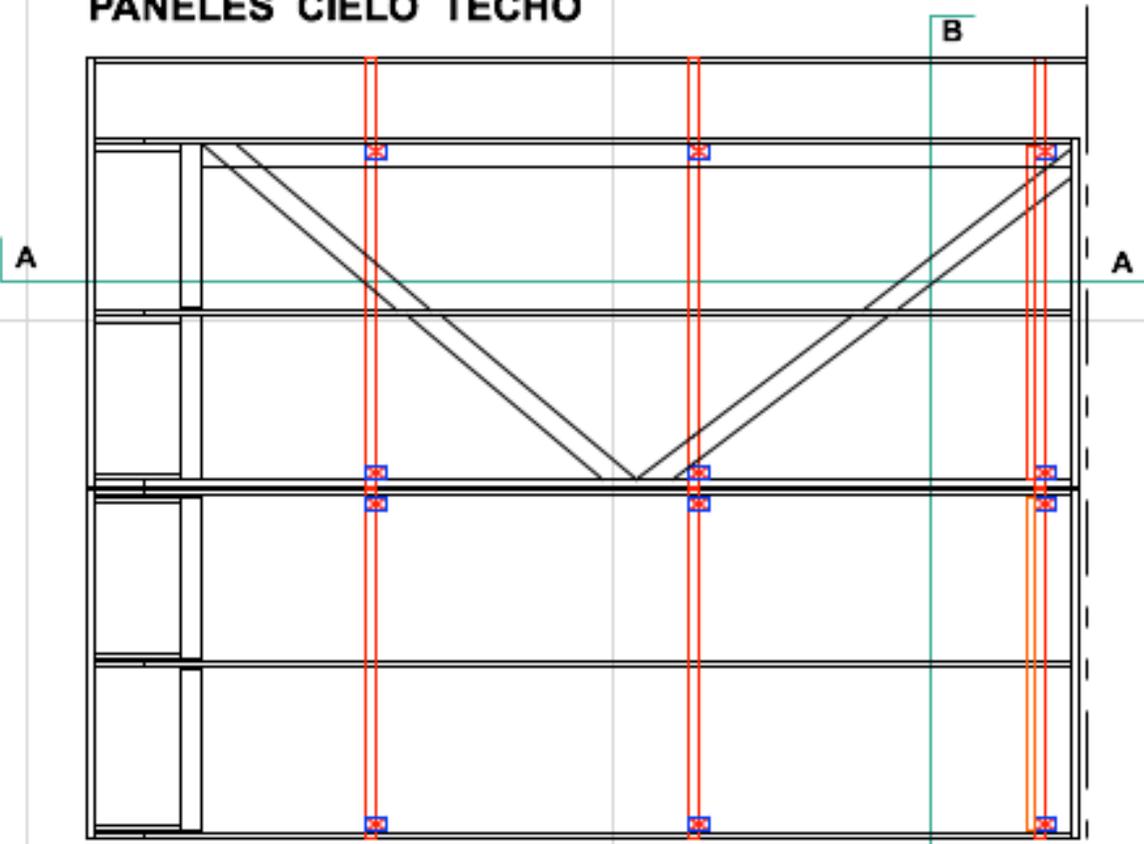
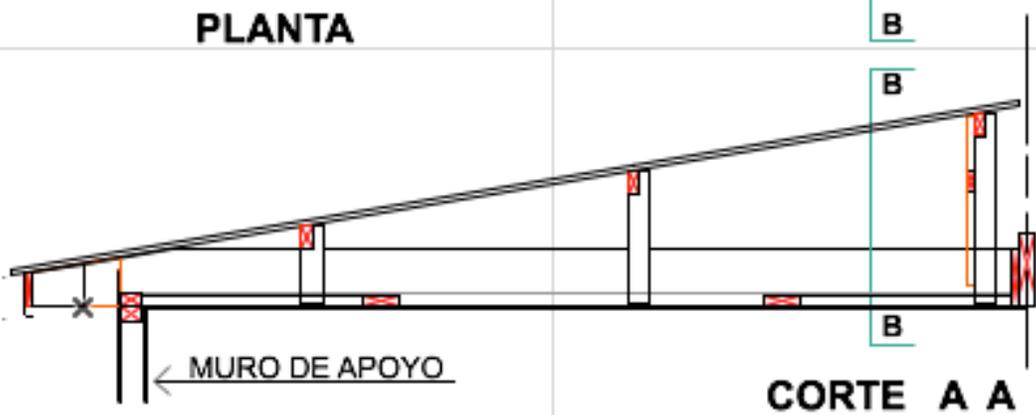


Figura 3.4-F---8

# PANELES CIELO TECHO



PLANTA



CORTE A A



CORTE B B

Figura 3.4-F---9

En Figura 3.4-F---8 y 9 se muestra plano de un par de paneles CT con la solución NO paralela: Cubierta inclinada y cielo plano. Se aprecia un panel extremo y un panel intermedio, con sus apoyos en muros exteriores y viga central, con luz de 3 m. Contienen ejemplos de diafragma a nivel cielo y en el plano vertical más alto. El frontón del panel extremo, debe ir incluido: aparece en los planos, pero no en la perspectiva. Se deja constancia, que cualquier techumbre con planos de cielo y

cubierta, debería poder solucionarse incluyendo Paneles de Cielo Techo, aunque sea, en caso de espacios mayores, entre cerchas cada 3 m.

Como se ha hecho crítica por transportar mucho volumen, decimos algo obvio: Fije parcialmente los alzadores con un clavo o tornillo y abátalos para transporte; y en obra complete los 3 clavos de rigor: Hay que aplicar el ingenio profesional, más propio del Arquitecto. Recuerde que van sin cubierta y el panel extremo, va sin colocar su tapacán y su revestimiento de frontón. Esas piezas van pre dimensionadas para pronta colocación, completando así los Prefabricados de Cielo Techo. Se recomienda que los Tapacanes sean de perfil liviano de acero galvanizado.

### 3.4-G CASA RECOLETA 7: Doble Altura



Lo interesante de este último proyecto en Recoleta, es que se levantó el techo del Estar generando un agradable y proporcionado espacio de doble altura. La vivienda adquiere una mayor amplitud visual y una excelente comunicación entre los 2 pisos, además de ser excepcional una doble altura en vivienda social del más bajo costo y con 3 dormitorios (52 m<sup>2</sup>).

### 3.5.- SISTEMA SIMPLEX CEPOL

De este Sistema solo explicaremos la parte conceptual. Las soluciones se publicarán posteriormente, ya que requieren mucho más tiempo y deseamos que se conozca bien para revivir o reinterpretar su uso.

#### 3.5-A.- SISTEMA SIMPLEX – INICIOS: PANELES DE MADERA AGLOMERADA

Este sistema comenzó como se expresa en la **Anécdota A1**.

Inicialmente, con Paneles de madera aglomerada marca Masisa, de dimensiones mayores (180 x 360 cm) con los cuales hicimos varias Escuelas y Centros Sociales, en la Operación Sitio del Gobierno de Frei Montalva, que perduran hasta hoy.

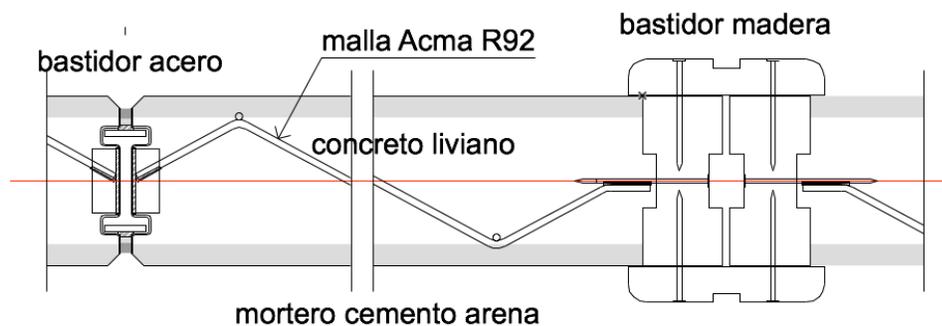
#### 3.5-B.- INTRODUCCIÓN DEL CEPOL (Cemento y Poliestireno expandido).

Luego, se desarrolla el Sistema Simplex Cepol con el cual se construyen algo más de 13.000 viviendas en Chile y cantidades menores (tipo 40.000 m<sup>2</sup>) en Perú, Venezuela, y Costa Rica.

#### 3.5-C.- DESARROLLO DE PANELES DE MURO (Base del Sistema)

La base de este sistema es el Panel Simplex Cepol, para muros de un piso, que consiste en 3 capas de concreto de diferentes áridos: las caras de mortero arena y cemento: duras, y el corazón de cemento y poliestireno expandido en perlitas, liviano y aislante, todo monolítico y concretado secuencialmente en mesas horizontales y en torta.

Pero antes de concretar, se hace el “somier” (así lo llamaron los obreros) que consiste en un marco perimetral de madera o acero y una armadura de Malla ACMA electrosoldada, de diferentes formas. Este “somier” contiene las capas de concreto, haciendo de moldaje lateral y guía para alisar su cara superior. Pero a la vez permite que un Panel de Concreto sea montado por carpintería: metálica o de madera.



Sus obras contaban con un radier de piso, contenido por Vigas de Sobrecimiento precomprimidas, muy esbeltas, apoyadas en zapatas o poyos a distancias de 300 cm o menos.

Sobre estas vigas se montaban los Paneles perimetrales, estructuralmente suficientes en vivienda social, tipo 50 m<sup>2</sup>.

#### 3.5-D.- ALGUNAS OBRAS SEÑERAS

Para superar las 13.000 viviendas en Chile, se proyectaron y construyeron múltiples conjuntos habitacionales (poblaciones) tipo 100 a 400 viviendas, además de las ventas de paquetes (kits) de paneles para autoconstrucción o montaje por otras constructoras, supervisados por nosotros.

## **D.1.- LA AUTOCONSTRUCCIÓN DE LA REINA**

La década de 1960 fue en un tiempo excepcional, de entusiasmo e innovación. El Alcalde recién nombrado Arquitecto Fernando Castillo Velasco, al analizar el estado de esa nueva comuna, detectó que habían habitantes de todo tipo, que permitían a la comuna ser muy autónoma, prestándose servicios unos a otros. Pero dentro de ese contexto, habían 1.000 familias sin vivienda. Conjuntamente con el Plan de Desarrollo encargado a la Escuela de Arquitectura de la PUC, deciden ocupar un sitio municipal y construir las casas por autoconstrucción.

Para ello se organizan comités de unas 20 casas, con un proyecto simple de 6 x 6 m en ladrillo artesanal. Para formar tantos comités, se recurre a todo tipo de organizaciones locales: clubes deportivos, organizaciones de mujeres, etc. hasta pandillas y organizaciones políticas.

Me tocó colaborar en este desafío, para controlar la correcta ejecución de las obras, lo que no impidió tomar contacto social con los auto constructores. Se trabajaba sábado y domingo y los beneficiarios traían a sus familias a colaborar en la construcción. El ambiente era como de fiestas patrias. Se ejecutaron las mil viviendas y los comités quedaron, formando comunidades diferentes, pero algunas de construcción.

La más importante fue la CotRei, que más adelante va a actuar en el Sistema Simplex Cepol. La proyección de esta manera comunitaria de diferentes comités, era muy potente. De hecho hicieron un supermercado para abastecer a la población y al sector barrial aledaño. Y se formaron algunas empresas basadas en los comités. Lo más importante es que se logró absoluta unidad, frente a un desafío común, por sobre diferencias ideológicas, de diferentes actividades, edades, etc.

## **D.2.- PLAN 20.000/70** Auto fabricación y auto construcción.

La CORHABIT (Corporación Habitacional) en el último año del gobierno de Frei Montalva (1970) establece el plan nombrado, que pretendía construir tal cantidad de casas en todo el país. Por diferentes motivos, solo se llegó a construir algo más de 3.000 viviendas.

El Sistema Simplex Cepol, fue convocado a participar de una manera nueva: que aportara su tecnología, para que los paneles fueran producidos por la CotRei (empresa de obreros que contrataba su gerencia) y montados por autoconstrucción. Y así se hizo, en un galpón contiguo a la Villa La Reina, se fabricaron los paneles de varias poblaciones de Santiago, que fueron montadas comunitariamente por sus Beneficiarios y familias.

## **D.3.- 150 JARDINES INFANTILES** Paquetes (kits) de Componentes.

Empezando el gobierno de Salvador Allende, nuestro equipo profesional en conjunto con la constructora Osvaldo Band, hizo una oferta a la Dirección de Equipamiento Comunitario del MINVU, para su plan de construcción de Jardines Infantiles. Desde antes se usaba en construcciones escolares, el Sistema MC (media confección) de origen mexicano, consistente en marcos rígidos de acero, cada aproximadamente 3 m que se cerraban con muros perimetrales de ladrillo o madera. Lo armaban en obra diferentes constructores.

Nuestra propuesta fue entregar el paquete de paneles de muro, vigas de sobrecimientos, cerchas y costaneras, para ser montados por diferentes constructores en diferentes ciudades. Se hizo un diseño para la zona central y otro para la zona sur. Ambos del orden de 500 m<sup>2</sup>. El resultado fue que nuestra oferta costaba bastante menos del 50 % del sistema MC, lo que causó un contrato de 150 paquetes de Jardines Infantiles, los que permanecen hasta hoy, en excelente estado, si han tenido la justa mantención, como lo hemos comprobado post varios sismos severos.

Cuando las obras contienen sólo la Prefabricación, sin el montaje ni todos los problemas de obra, son muy rentables para la constructora. Es como trabajan las industrias de prefabricados: pocas partidas, gran volumen y velocidad de producción. Desde luego, en Producción Seriada, Repetitiva.

#### **D.4.- 3.000 CASAS CORA**

La Corporación de la Reforma Agraria, llamó a propuesta masiva nacional, por paquetes de paneles para casas de campesinos que las iban ejecutar por autoconstrucción.

Nuestro equipo ganó el primer lugar, que se convirtió en un contrato de 3.000 paquetes de paneles para viviendas, a montarse por los campesinos, en la zona de Linares, región del Maule, algunas de las cuales se pueden ver desde la carretera sur. La autoconstrucción de las casas contó con la asesoría de nuestro equipo profesional. Esta fue otra excelente oportunidad para capitalizar de la Constructora, ya que la producción seriada industrial, produce grandes volúmenes en poco tiempo y con pocas partidas, permitiendo excelentes rendimientos de la mano de obra y aumento de sus remuneraciones. Y para la empresa, rápida recaudación de sus utilidades.

#### **D.5.- SISTEMAS SIMPLEX MC Y MA**

En este desarrollo llegamos a concebir la prefabricación en media altura: 4 pisos.

El Sistema Simplex MC indica que es media altura y en concreto. El MA es en acero.

El proyecto completo en acero, ganó un concurso pero nunca se adjudicó su construcción.

Sin embargo en el proyecto de concreto se construyó en forma privada: un edificio es Concepción y otro en Chillán. (1970 aprox.)

Se prefabricaron los muros, con doble losa prefabricada de 4 cm de espesor, soportado por un par de tráliz de acero y relleno interior de concreto en obra.

Las vigas se prefabricaron en espesores de 3 cm en sección U

Y los entresijos de igual espesor en forma de U ancha (40 a 50 cm) e invertida. Todo unido por una sobrelosa estructural de 5 cm incluyendo el relleno de las vigas.

Ambos edificios permanecen hasta hoy.

Debo destacar que ahora conocí parte del Sistema Baumax, que fabrica este tipo de muros hoy.

#### **3.5-E.- DESARROLLO DE PANELES CEPOLITA:**

**Tabiques interiores de edificios,** Juntas invisibles, alto estándar y aislamiento acústico y térmico. Diseño de Tabiques Flotantes.

Posteriormente se desarrollan los Paneles Cepolita, para resolver tabiques interiores de edificios de alto estándar, que reemplaza a las panderetas de ladrillo estucadas, por ser muy pesadas. Consisten en doble malla Acma, rellena con Cepol, es decir concreto liviano, cemento y perla de Poliestireno expandido de aprox. 400 a 500 kg/m<sup>3</sup>, para recibir estuco de bajo espesor, en obra.

Estos paneles son livianos y fáciles de montar y se hacen a la medida del edificio, de modo de nunca cortar ni generar desperdicios. Para ello se innovó con un molde de medidas variables, similar al principio del obturador fotográfico, en base a un rectángulo de lados mayores en suástica.

Este tipo de Paneles se estuca en obra, ya que se exigía junta invisible. Se desarrollaron las uniones, que nunca se agrietaron y también el carácter Flotante de los tabiques. Porque los tabiques de Pandereta, se agrietaban en los terremotos y eso no se permite cuando hay innovación.

Los Paneles se fijaban al piso y debían absorber los desplazamientos de la losa superior, en cada piso,

estimadas por sus calculistas, del orden de 6 mm. Para ello, se dejaban desplazar en la unión horizontal superior y se colocaban fuelles elásticos en la unión vertical con elementos estructurales. Todo esto funcionó perfectamente. Los detalles constructivos variaron, porque se acordaban con los dueños y con los constructores, asumiendo las particularidades de terminación y ejecución de la mano de obra.

En un par de oportunidades se produjeron grietas graves: 1.- Cuando modificaron las uniones en un hospital, tapando las canterías que permitían los movimientos, y 2.- Cuando en el último piso de un edificio no se respetó el detalle constructivo. Todo indica que las soluciones estuvieron bien pensadas.

### **3.5-F.- FORMAS DE COMERCIALIZACIÓN**

El equipo de Arquitectos, se mantuvo siempre en el área proyectual, cediendo la producción a Empresas Constructoras. El sistema se patentó, lo que permitió dar concesiones a 3 Empresas Constructoras en el país (Zonas Norte Centro y Sur) y luego en el extranjero.

Se hacía un **convenio de Licencia a cambio de un Royalty**, que tenía muchas cláusulas, entre otras:

- + Que en el país, garantizaban los proyectos de Arquitectura a nuestro equipo.
- + Que como el Sistema permite el mejoramiento continuo, por un lado las innovaciones de cada Empresa, serían de nuestra propiedad y se insertaban en el Sistema, entonces todas las Empresas licenciadas podían usar todas las innovaciones (mejoramiento continuo).
- + El Royalty alcanzaba el 1,5 % del valor de la obra de edificación.

En todo caso, el Sistema fue muy competitivo, lo que se expresó en ganar una propuesta de 3.000 Paquetes (Kits) de viviendas CORA para Autoconstrucción, donde participaron varias empresas de casas de madera, que era lo más barato en esa época.

Y también paquetes de 150 Jardines Infantiles, contrato directo del Minvu, por costar bajo el 50% del sistema MC imperante. Los Jardines Infantiles fueron montados por diferentes constructoras desde

Aconcagua hasta la región de Concepción. En Santiago se pueden visitar, en muy buen estado, los que han tenido buena mantención. Todo ello, permanece hasta el día de hoy, soportando varios terremotos, así como las más de 13.000 viviendas de Chile. Después del terremoto 27 F visitamos en

Santiago, un Jardín Infantil en Ñuñoa, en perfecto estado y casas en La Reina, que partieron como vivienda social de bajo estrato y en ese momento mostraban un estándar medio, con ampliaciones, bellos jardines y automóviles modernos.

Dejamos constancia de que este desarrollo se produjo durante el gobierno de Frei Montalva y un mínimo al principio del de Salvador Allende. Pero no siguió posteriormente.

Hoy se podría retomar, por equipos renovados, con nuevos desarrollos, acordes al progreso del país, ya que se trata de Paneles sólidos, aislantes, con una cierta inercia térmica, impermeables, imputrescibles, sin ataques de termitas, ni fuego, ni corrosión (excepto débilmente en sus bordes).

## 3.6.- PREFABRICACIÓN EN MADERA

La construcción en madera, debe ser siempre prefabricada, al menos en forma de paneles.

Su carácter liviano permite moverlos y montarlos con la mano del hombre.

La calidad resultante es ostensiblemente mayor, acelera la obra, es más económica y adelanta a la Empresa en vanguardia tecnológica y de gestión.

Igualmente, si se puede reemplazar la madera por perfiles galvanizados de 0,8 mm de espesor, que tienen la ventaja de alivianar las estructuras de Paneles, para montaje manual.

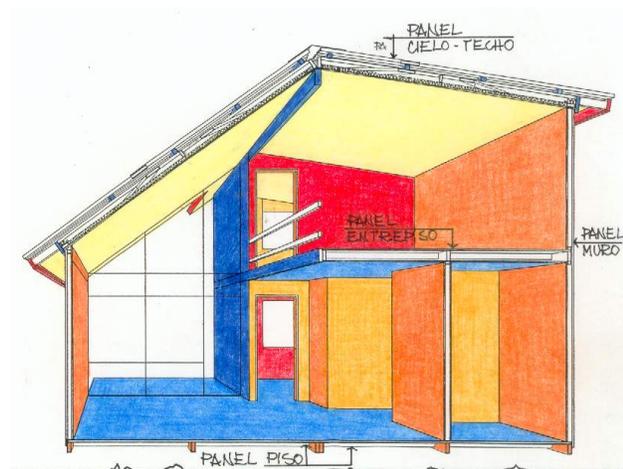
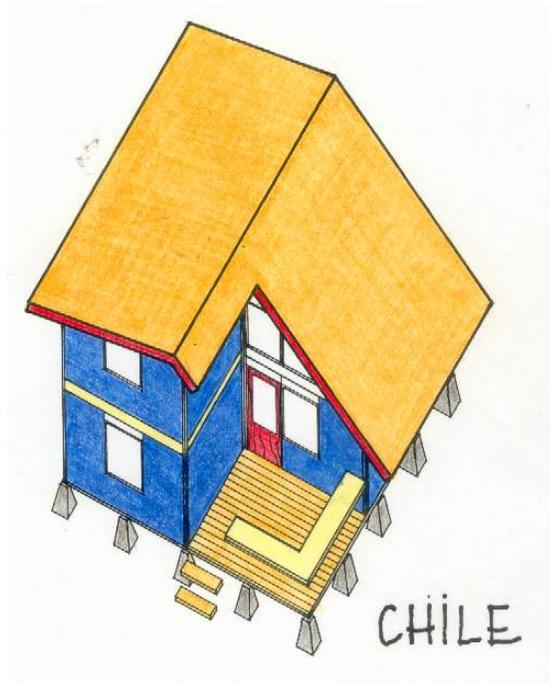
### 3.6-A ESQUEMAS DE UNA VIVIENDA

Corresponden a una presentación hecha en Cuba en un simposio Iberoamericano del CITED XIV-2.

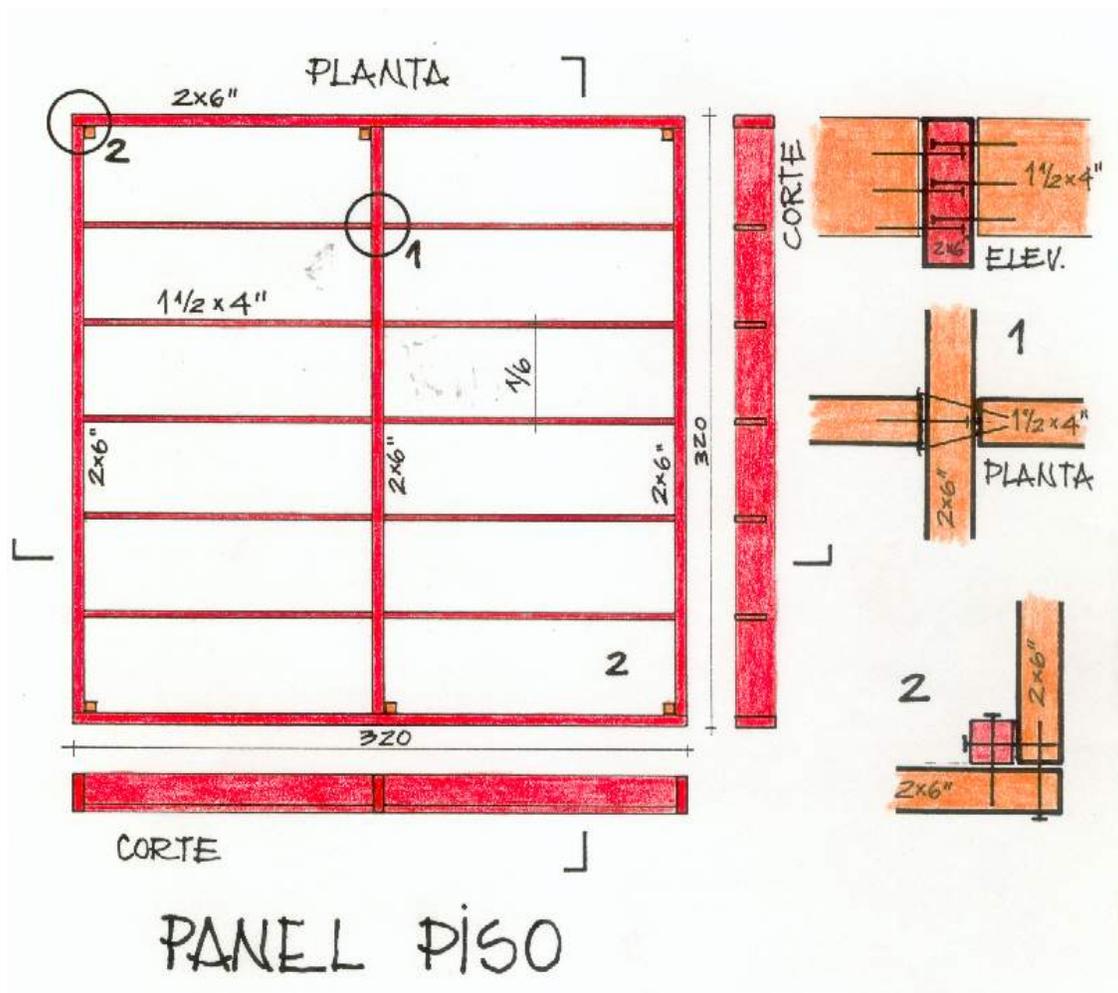
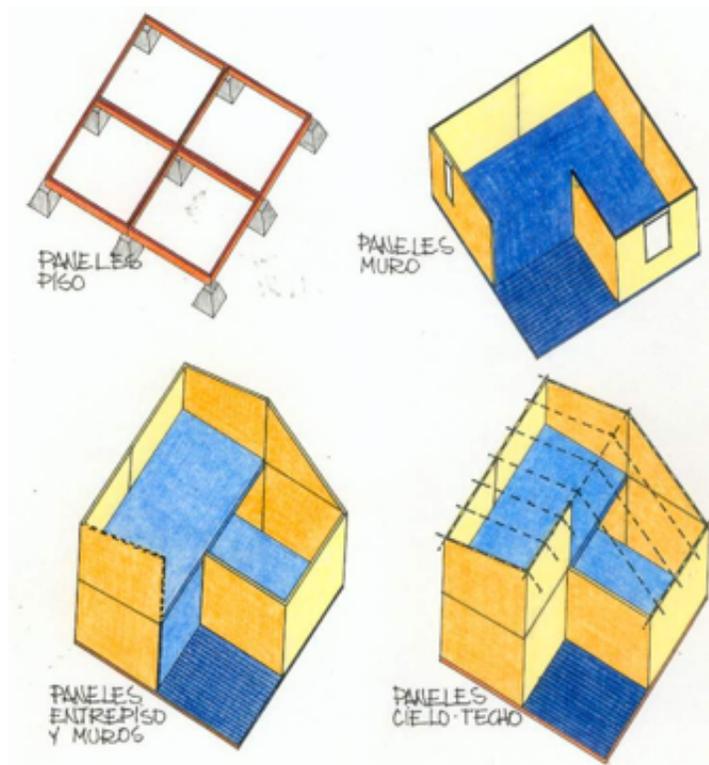
Se presentan soluciones eficientes ya probadas en algunos proyectos anteriores.

Si bien se especifica un primer piso con paneles de madera, estos sirven también como paneles de entrepisos, tal vez reduciendo sus dimensiones a la mitad, para reducir el peso que hay que subir al piso siguiente. En todo caso se prefiere una base con radier de concreto, que es más durable.

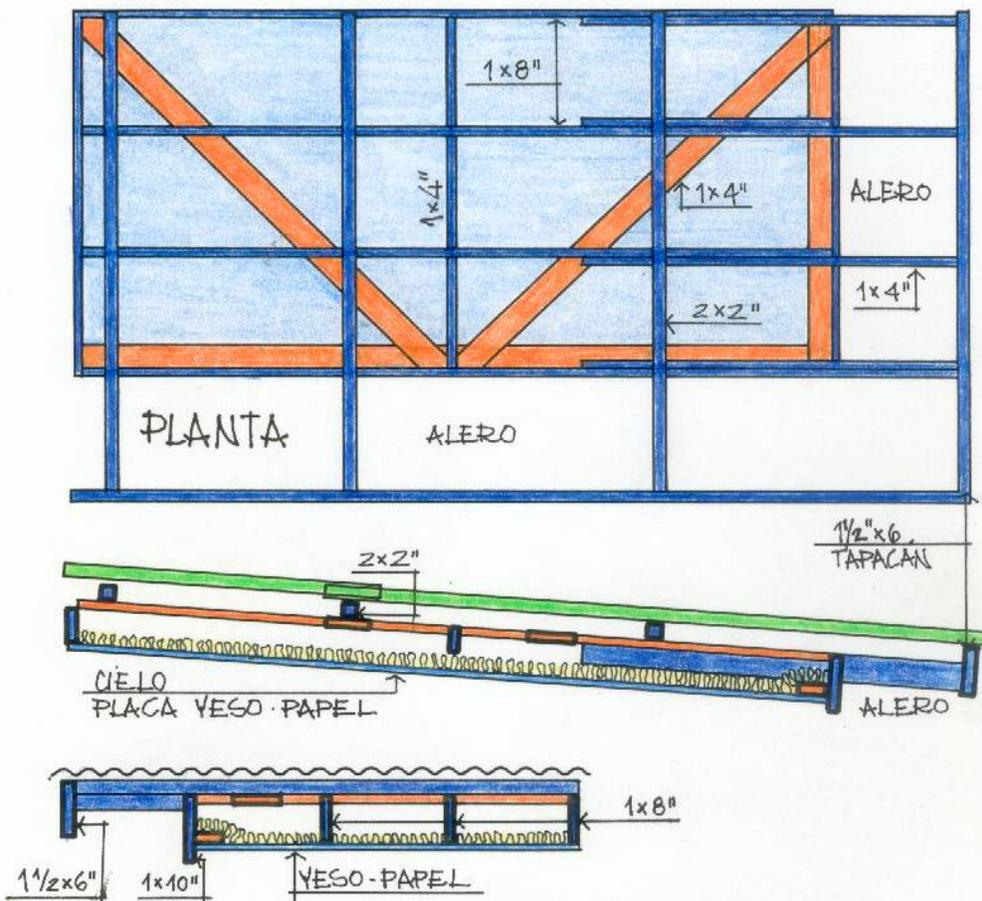
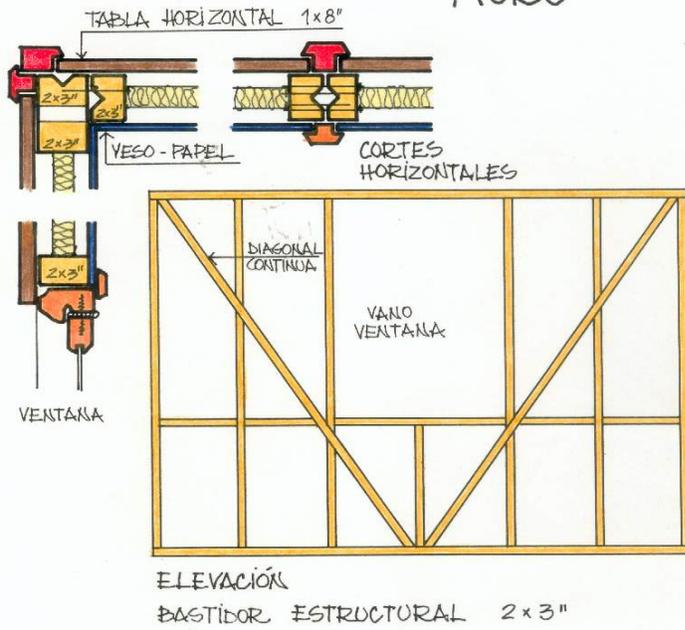
Pero se expresa bien la panelización de una vivienda de ese tipo, tanto vertical como horizontal.



Montaje  
de Paneles  
de:  
Piso,  
Muros P1,  
Entrepiso,  
Muros P2,  
Cielo-  
Techos



# PANEL MURO



# PANEL CIELO-TECHO

### 3.7.- OBRA: CVH HUALLILEMU



Reproducción de la portada del Boletín de la Cámara Chilena de la Construcción.

Se aprecia el juego de colores primarios, en los tres ejemplos de casas. Hoy remodelado todo con revestimiento de syding gris claro (lamentable).

El Conjunto Vacacional Huallilemu (CVH) en El Quisco, es propiedad de la Corporación de Asistencia Social de la Cámara Chilena de la Construcción. Son 40 cabañas vacacionales, destinadas en verano a los Obreros más calificados de las Empresas asociadas, con sus familias, durante una semana.

El estándar de las cabañas es de tipo medio, permitiendo el uso de invierno para ejecutivos en Seminarios y otras reuniones, ya que cuentan con Salón Multiuso.

Es un ejemplo interesante de la aplicación de las técnicas descritas.

En primer lugar, la planta de la cabaña está conformada en forma cuadrada, con 2 paneles de 240 cm por cada fachada. Cada panel está conformado por 2 planchas de revestimiento enteras (en Prefabricación no se concibe cortar, salvo en caso extraordinarios; los paneles livianos, se dimensionan por sus revestimientos, por ser más caros que las estructuras). La estructura de madera (impregnada), debe dimensionarse al mínimo, sin arriesgar. Porque es parte importante del peso del panel, que en este proyecto es de Montaje manual.

Se usaron pie derechos de 2 x 3" en piso 1º cada 40 cm y plancha exterior de Fibrocemento de 4 mm de espesor; y revestimiento interior de yeso-cartón de 8 mm con aislación térmica en el centro. En 2º piso, se baja la sección de madera estructural, a 1 ½ x 3" para reducir pesos. El Montaje se hizo con los revestimientos exteriores colocados en los Paneles Prefabricados (siempre conviene). Pueden imaginar el absurdo de colocar los revestimientos exteriores por fuera, con andamios en el 2º piso, y las grandes planchas sometidas al viento. Así, antes de colocar el revestimiento interior, en obra, se posibilita anclar los paneles al suelo y entre ellos, y colocar las cañerías eléctricas y el

aislante térmico y las láminas de barreras.

El entrepiso, también se prefabrica con paneles, dimensionados según la plancha de piso, y su estructura se sobredimensiona en la altura, en +2" (en relación al cálculo normal) pero se reduce el ancho de 2" a 1 ½". La mayor altura asegura que no habrá deformaciones visuales (guateos), y sin embargo baja el consumo de madera.

Finalmente, la techumbre usa Paneles de Cielo-Techo (paralelos), que deben incluir la estructura de madera, el revestimiento de cielo, el aislante y los aleros en los bordes. Todo del tamaño de sus revestimientos. Solo deben faltar las conexiones eléctricas y la cubierta.

En el suelo se había construido un radier, entre Vigas de Sobrecimiento Prefabricadas de H.A. de 12 x 20 cm apoyadas en pequeñas zapatas o poyos. Esta solución es muy interesante en este caso, por algunas pendientes mayores del terreno, donde NO se aumenta la altura del Sobrecimiento. Este, expresado en pequeñas vigas, queda en el aire, soportado por los poyos que sobresalen del terreno. Luego se procede a rellenar con estabilizado compactado mecánicamente, todo el interior y un pequeño pasillo al exterior y después pendiente natural de 45º todo bien apisonado. En las pendientes se plantan especies bajas con muchas raíces. En las fotografías, se aprecia como se eleva y recibe, con facilidad, un Panel de segundo piso. Además, con la ventaja de bajar costos y dar sustentabilidad por usar menos materiales.



Figura 3.7---1



Figura 3.7---2

En las Figuras 3.7---1 y 2 se aprecia el montaje manual de un panel subiendo al 2º piso, con su revestimiento exterior colocado. Por otro lado, se aprecia el Sobrecimiento (prefabricado) que permanece en el aire, apoyado en los poyos o zapatas, listo para el relleno especificado, que se ve terminado en Figura 3.7---4. En Figura 3.7---5 se muestra el lugar donde se fabricaron los componentes de H.A.: VSC y pilares del Centro de Reuniones. En la Figura 3.7---3 mostramos el primer Panel CT en proceso de montaje en esta obra.



Figura 3.7---3



Figura 3.7---4



Figura 3.7---5

## ANÉCDOTA: A 5 CVH - SOBRECIMIENTOS EN PENDIENTE

Cuando los mandantes, empresarios de construcción, vieron esto, se espantaron, e hicieron colocar una plancha de cierros de concreto armado, por el interior del sobrecimiento, para contener el relleno interior, e instruyeron a los obreros de no comunicar esto, al Arquitecto. En mi próxima visita, no había alcanzado a bajarme del auto y tenía encima 2 obreros, que acusaban el hecho. Obviamente las hice sacar a mi vista, para demostrar que la solución estaba bien pensada.

También hay que reconocer que en estos casos se cortaba el cerro, para producir un sector plano, que llegaba hasta la mitad de la casa, donde el sobrecimiento quedaba sobre el suelo corregido, dejando en el aire la otra mitad de la casa. Estos sectores planos circundantes del cerro modificado, medían entre 2 y 3 m y se les dio pendiente hacia fuera de la casa.

Finalmente en el invierno siguiente tuvimos un tremendo temporal de lluvias, que en 100 años no lo hubo. Se recuerda como el de las casas de nylon, en Puente Alto. Y ¿qué pasó? Cero faltas, ningún daño, en 40 viviendas, hasta hoy. Porque estaba bien pensado.

### El Arquitecto es un pensador (debe ser).

Toda intervención en el proyecto, debe ser **bien pensada**,

La Prefabricación de las Vigas de Sobrecimientos (VSC), de H.A. y pilares del Centro de Reuniones, se hizo a un costado de la obra, sin problemas (Ver Figura 3.7---5). La unión entre VSC, se hizo de tope, solo conectados al poyo, con fierros de anclajes. Los paneles de muro, de madera llegaron de la Fábrica de Santiago, de la Empresa Constructora (Délano), excepto los panales de Cielo-Techo, que se Prefabricaron a pie de obra.

Después hubo 2 terremotos, 2010 y 2014, sin falla alguna.

Las innovaciones son posibles, y funcionan, si se piensan bien; y cuando sus estructuras se conciben en equipo muy estrecho con el Calculista.

## EL CENTRO DE REUNIONES



Figura 3.7---6

Es un espacio multiuso de un piso (se muestra terminado en Figura 3.7---6 y 7).

Se proyectó en base a una trama triangular de lado 3 m. Consta de 6 Pilares fundamentales, pues apoyan la techumbre y toman el arriostramiento, mediante un empotramiento en la fundación.

Estos Pilares, de concreto armado, Prefabricados en obra, están dispuestos en un hexágono a 6 m entre ellos, por la periferia, y conformando un espacio hexagonal libre de 12 m en el interior. Reciben vigas de acero, para los 6 m de luz, que conforman el hexágono base y que son un cordón de tracción, para soportar las cargas horizontales generadas por los puntales inclinados que suben en el techo.



Figura 3.7---7



Figura 3.7---8



Figura 3.7---9

Adicionalmente, se agregan espacios por la periferia, en forma de medios hexágonos, que amplían la luz interior a 18 m. Estos periféricos apoyan su techumbre en base a Paneles de Muro estructurados en madera. Finalmente la techumbre se construye en base a Paneles triangulares estructurados en madera y con un entablado superior, que recibirá la cubierta de tejuela asfáltica. La aislación térmica, de poliestireno expandido, se colocó por debajo de este entablado, dejándola a la vista y pintada, inicialmente en azul, contrastando con las maderas.



Figura 3.7---10



Figura 3.7---11

Como la techumbre central conforma un gran tragaluz, mejora la iluminación natural en un sector lejano a la periferia, donde hay otras ventanas, además de favorecer y controlar la ventilación.

El sistema de sobrecimientos que contiene el radier, consiste en Vigas Prefabricadas en H.A. de 12 x 20 cm apoyados en las zapatas de fundación, en pequeños poyos de la periferia (El sistema de sobrecimientos que contiene el radier, consiste en Vigas Prefabricadas en H.A. de 12 x 20 cm apoyados en las zapatas de fundación, en pequeños poyos de la periferia.

El sistema de sobrecimientos que contiene el radier, consiste en Vigas Prefabricadas en H.A. de 12 x 20 cm apoyados en las zapatas de fundación, en poyos de la periferia, Figuras 3.7---10 y 11.

Todo fue Prefabricado, salvo los cimientos, el radier y su pavimento final de Baldosas; y la cubierta de tejuela asfáltica. El costo resultante fue muy bajo, además de ser el primer espacio de este tipo, en la zona, que no tenía pilar central.

## **CONCLUSIÓN**

Se pudieron aplicar en gran parte los planteamientos, logrando una Construcción por Montaje, con menor plazo, menores insumos, buena calidad y de ALTA PRODUCTIVIDAD, tanto en el diseño, como en la ejecución.

### **3.8.- TABIQUERIA EN PERFILES LIVIANOS ACERO GALVANIZADO**



Proyecto Oscar Zaccarelli V. Casa en El Ingenio, alta cordillera.

Esta casa fue traída completa de Canadá, desarmada, con perfiles de 15 cm, llenos de aislación térmica de lana de vidrio. Revestimiento exterior de Syding plástico, sobre OSB, e interior de Yeso Cartón.

Su estructura es similar a la de madera, pero con los perfiles metálicos señalados.

Cerchas de los mismos perfiles más OSB y tejuela asfáltica. Cielo de Yeso cartón. Gran aislación térmica sobre cielo. A la izquierda, estar comedor cocina incorporada; y a la derecha cuerpo de dormitorios.

Éxito de funcionamiento, de acondicionamiento, costos y expresión arquitectónica. El acceso se diseñó en diagonal , diferenciándolo del resto.

### 3.9.- SISTEMA HAPE: ACERO + CONCRETO

Vale la pena destacar la genialidad de este Sistema, llamado **Ferro Concreto Estructural** por lo ingenioso y por resolver varios problemas.

Nace de observar en obra, que el revestimiento de hormigón contra el fuego, requiere mucha mano de obra, de difícil ejecución, tanto en la enfierradura como en el vaciado del concreto, especialmente en la parte superior. A esto le sumamos que constituye un peso muerto para la estructura. Es inconsecuente con los esqueletos de acero, cuyas características principales son su alta velocidad y el bajo peso (+ - un 50% de un edificio tradicional de Hormigón).

**HAPE** lo resolvió produciendo en maestranza los perfiles estructurales, con el revestimiento de hormigón, excepto en los extremos, para efectuar las uniones (las que se revisten en obra con mortero).

Y luego, aprovecha la resistencia del hormigón, a la compresión, haciendo trabajar acero y concreto conjuntamente, logrando una notable reducción de secciones (Ver Figura 3.8---1, 2, 3 y 4). Además, simultáneamente resuelve el problema de la corrosión, eliminando los procesos de preparación del acero, para galvanizar o pintar, ya que como en las barras de refuerzo del hormigón se concreta sin eliminar la laminilla de fabricación, igual puede funcionar en perfiles mayores, obteniendo la misma adherencia y aprovechando el mismo principio que permite combinar acero y concreto: sus dilataciones casi iguales. Cabe agregar que el perfil de acero, incluido en un pilar de H.A. elimina los esfuerzos de pandeo del pilar y de las planchas que lo componen. Así consigue la máxima resistencia y esbeltez (Figuras 3.8---1 y 3). Las Figuras 2 y 4 muestran la unión de componentes, revestidas en mortero hecho en obra, ya que los perfiles de maestranza, llegan con los extremos descubiertos, para sus conexiones.

Figura 3.8---1



Figura 3.8---2





Figura 3.8---3



Figura 3.8---4

La innovación está en hacer trabajar estructuralmente este obligado revestimiento, logrando así reducir los pandeos y flexión de perfiles, al quedar confinados en el hormigón y agregar resistencia a la compresión a los perfiles estructurales. Las obras de este sistema se visualizan y reconocen de inmediato, por la extrema esbeltez de sus pilares y vigas.

Este sistema fue creado por el Ing. Jorge Espinoza Otto, uno de los más innovadores y brillantes calculistas de acero, lamentablemente fallecido prematuramente a los 55 años. Las Estructuras de Acero, son inherentemente Prefabricadas, con planos de Fabricación y preparación de precisión milimétrica en Maestranzas, de modo que su construcción es por Montaje. Los sistemas de entresijos, cerramiento, tabiques interiores, instalaciones y terminaciones, deberían concebirse con Industrialización, para emular la velocidad de la estructura y obteniendo los menores pesos posibles. Casi imposible de prefabricar en obras. Debe ser en maestranzas.

### 3.10.- SISTEMA TILT UP

Este sistema, muy usado en EEUU, permite prefabricar muros planos desde pequeño hasta mayor tamaño y **en la misma obra**. Un ejemplo se expone en la obra emblemática del Stadio Italiano (Ver 3.1.-) donde tienen dimensiones pequeñas. Pero **el Tilt Up, permite mayores dimensiones, sin los límites del transporte vial**. La innovación está en la manera de levantarlos cuando son muy grandes y no resistirían la flexión. Para eso se creó un sistema de poleas que permite tomar estos paneles en diferentes alturas.

Las fotos 1 y 2 corresponden a un muro de 4 pisos prefabricado al lado de la obra, levantado y montado en el edificio. Pesaba del orden de 30 ton. Me tocó presenciar el Montaje en una Expohormigón.

Las fotos 3 y 4 muestran otros componentes más pequeños fabricados de la misma forma.

Prefabricar muros planos en esta forma, es muy eficiente, ya que se hacen sobre un radier (piso de concreto afinado) y solo tienen moldes laterales en el contorno y los vanos. Se “reglean” sobre los moldes y luego se afinan. La armadura de acero se puede prefabricar aparte y colocar en el molde. Comparar con enfierraduras en obra: Ver Figura 3.3—3 = Productividad y seguridad laboral y tiempo.



Foto 1 Expo Hormigón



Foto 2 Expo Hormigón



Foto 3 Catálogo



Foto 4 Catálogo

## **A.- ANEXOS**

### **ANEXO A.1. DE CÓMO FUERON LOS INICIOS DE LA EXPERIENCIA**

*(Relato sintético, de cómo fue desde el principio, la experiencia del autor y del grupo que formaba parte).*

Nuestra historia comienza en la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Amigos en primer año, con Ramón Delpiano Pérez Canto. Nos ayudábamos mutuamente. Pero Ramón parte a la fundación de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Católica de Valparaíso y recibe allá el Título de Arquitecto. Nos encontramos ambos, con que habíamos profundizado las estructuras de Acero, cuna indudable de Tecnología e Industrialización. Las estructuras de Acero son Prefabricadas, no es lógico hacerlas de otra manera. Y seguimos colaborando y formamos, los dos, una oficina de Arquitectura.

#### **UNA ANÉCDOTA: A 1 - Nace el Sistema Simplex**

El primer trabajo, fue un encargo de conformar un Sistema Constructivo Prefabricado, en paneles de Madera aglomerada, marca Masisa. El acuerdo con nuestro amigo cliente fue un pago por horas trabajadas. Cuando tuvimos el primer bosquejo del Sistema Completo, llamamos al cliente para exponerlo y saber si era lo que él esperaba. Al entrar en la reunión, nos dice que su socio inversionista se separó y no seguía con el Sistema. Nos ofreció 2 alternativas:

- 1 Que nos pagaba las horas y se quedaba con la propiedad intelectual
- 2 Que no nos pagaba nada y era nuestra la propiedad intelectual

Ramón toma la palabra y dice que en realidad este fue un convenio por horas y que acepta la alternativa 1. Pero reacciono a tiempo y rechazo esta alternativa y opto con fuerza por la alternativa 2.- Ramón queda perplejo, porque era nuestra remuneración familiar, yo ya tenía 2 hijas. Pero le explico que el valor de las horas es efímero y que el Sistema valía una fortuna, mirando al futuro.

#### **Nace el Sistema Simplex.**

Y tuve razón, puesto que en 1964 asume como Presidente de la República, don Eduardo Frei Montalva, quien aporta gente nueva, con muchas ideas de innovación.

Ganamos la primera propuesta de Prefabricados (Concursos Oferta, asociación de Arquitectura y Empresa Constructora), que fueron un pequeño grupo de escuelas para la zona de la Patagonia. Después vino la Operación Sitio y las propuestas de Sistemas Prefabricados, también en Concursos Oferta, pero con un pase previo de revisión técnica de los proyectos. Las exigencias nos mejoraron sustancialmente el Sistema. Ganamos varias escuelas en la Región Metropolitana de Santiago, en las poblaciones marginales de la periferia de la ciudad. Se mantienen hasta el día de hoy (2018).

Y un día aparece un genio un tanto loco, con un puñado de mezcla, de poliestireno en perlitas, con cemento. Con la idea de conformar Paneles de Concreto Liviano.

Era Ramón Undurraga Montes, ingeniero Civil de la Universidad de Chile.

#### **Nace el sistema Simplex – Cepol (Cemento y Poliestireno).**

Con el cual se construyeron en Chile mas de 13.000 viviendas sociales, desde Arica a Angol.

Undurraga se incluye como socio, en cuanto al desarrollo del Sistema Constructivo. Para construir esa cantidad de viviendas, otorgamos Licencia de uso del Sistema Simplex Cepol, a tres Empresas Constructoras, en el Sur, Santiago y en el Norte. Pero aprox. el 70 % se construyó en la Zona de

Concepción y alrededores.

Notables fueron dos contratos de paquetes (kits) de Prefabricados, producidos en la fábrica de Concepción: 3.000 casas Cora, tipo 60 m<sup>2</sup>, para Autoconstrucción de los campesinos y 150 Jardines Infantiles en paquetes para construcción por diversas empresas en la zona sur y centro.

Después se extendió el Sistema Simplex Cepol, a Perú, Venezuela, y Costarrica. Más intentos fallidos en Argentina, y Brasil. Últimamente hemos sabido de un gran desarrollo en España, de un discípulo nuestro.

Luego se genera un tipo de paneles de Concreto Liviano para tabiques de edificios, que exigían junta invisible, los Paneles Cepolita.

Con todo, se superó el millón de m<sup>2</sup> construidos.

Vinieron las crisis y quedamos trabajando cada uno por su cuenta.

Asumo el cargo de Director del Centro Chileno de Productividad en la Construcción (CPC) fundado en 1965, por la llegada a Chile del experto de la OIT y miembro del instituto de Productividad de Israel, ingeniero Reuben Donath, quien revolucionó la construcción de esa época.

Como ejemplo, los Colectivos 1010 y 1020 de la Corporación de la Vivienda (Corvi) bajaron aproximadamente 40 % sus precios, resultados de Propuestas Públicas (según Arq. Isidoro Latt, jefe del departamento de Construcción de Corvi).

El planteamiento de Donath, era Industrializar la Construcción, por la vía de Programación Seriadada de las Obras, sin introducir **todavía** Prefabricados, pero Racionalizando el Sistema Tradicional.

Mi estadía en el CPC, que duró 14 años, me permitió, entre muchas otras, dos cosas fundamentales:

- Pensar y convertir en una Teoría, lo que habíamos experimentado a partir de Donath y agregando nuestra Prefabricación.
- Asumir una posición más universal frente a la Prefabricación.

Así nace el **concepto de Industrialización sin Industria, de la Prefabricación sin fábrica** y al alcance de todos, la socialización de la Industrialización.

Es importante hacer notar, lo que dice el inicio de este libro: que la Teoría desarrollada, tiene muchas afirmaciones, basadas en la experiencia brevemente descrita. Esto significa que todas esas afirmaciones son ciertas, ya que fueron probadas y ocurrieron, en poco más de un millón de m<sup>2</sup> Prefabricados y de dos millones de m<sup>2</sup> de Obras sobre la base de Programación y Producción Seriadada.

## **ANEXO A.2.- AGRADECIMIENTOS Y HOMENAJES**

### **AGRADECIMIENTOS**

1.- Al Dios Uno y Trino, apoyado por la Santísima Virgen María, que me lo han dado todo y me ha permitido descubrir, conocer y reflexionar, bajo su guía.

2.- Hay muchas personas a las que desde ya agradecemos.

Nos concentraremos en muy pocas:

- **Ramón Delpiano** Pérez-Canto, Arquitecto. Es el hombre más influyente en mi actividad Profesional. Trabajamos más de 10 años juntos, hicimos grandes cosas. Nos complementamos.
- **Ramón Undurraga** Montes, Ingeniero Civil. Inventor infatigable, aportó al Sistema.
- **Oswaldo Band y Guillermo Porter**, Empresa Constructora principal del Sistema Simplex-Cepol. Que ejecutó el 85 % de las más de 13.000 viviendas del Sistema.

- **David Campusano**, Ingeniero Civil, brillante discípulo de Oreste Depetris. Gran apoyo, al final. Ingenioso para trabajar en equipo y encontrar cómo realizar la obra.
- **Fernando Cueto**, Ingeniero Civil Eléctrico, Empresa Constructora Caburga. Permitió aplicar los planteamientos de CPC y demostrar su éxito, que fue tan grande, que nadie lo cree,
- **Luis Acuña** Monsalve, Ingeniero Civil, Calculista, el mayor apoyo humano y técnico para la Innovación.

Con su importante colaboración, generamos muchas innovaciones y admirables maneras de enfocar el cálculo de estructuras, aplicándolo a las soluciones constructivas diferentes.

## HOMENAJES

Los homenajes incluyen agradecimientos, porque influyeron mucho en nuestro desarrollo: Iguual, nos concentraremos en unos pocos:

- **Reuben Donath**, que introdujo el concepto de Productividad en la Construcción, abordado por Industrialización y Racionalización.
- **Alfredo Jara** Franzoy, Ingeniero Civil, Padre del movimiento de Productividad en la Construcción en Chile. Trajo a Chile las ideas de Donath y las puso en práctica, hasta el día de hoy, con mejoramiento continuo y gran competitividad.
- **Isidoro Latt** Arcavi, Jefe Departamento de Construcción de la Corvi, que aplicó las proposiciones de Donath. Funcionario Público el más ejemplar, desinteresado, honesto, y de gran justicia. Anotó una reducción de costos del 40 % en la construcción masiva de Viviendas en 4 pisos.
- Y antes, lideró las licitaciones masivas de Viviendas Industrializadas.
- **Elías Arze** Loyer, Ingeniero Civil, el Padre de las Estructuras de Acero en Chile.
- Gran apoyo y gran formador en el área de las estructuras de acero.
- **Oreste Depetris** Ivulic, Arquitecto, el Padre de la Prefabricación en H.A. en Chile.
- Gran amistad y trabajamos juntos en el Stadio Italiano. Es genial.
- **Martín Mellado**, Ingeniero Civil, Ingeniero jefe de obra en el Stadio Italiano, Empresa Constructora Oreste Depetris. El Stadio Italiano pasa a ser el equivalente al “Acorazado Potemkin”, Obra Emblemática de la Prefabricación sin Fábrica. Y luego desarrolló el Sistema Tensocret, de innovadoras obras. Martín inicia la firma Tensocret y con innovaciones continuas y mejora el Sistema, hasta hoy, en que se nota la inclusión de Diego, su hijo Arquitecto Tecnológico.

Es un honor haberlos conocido y podido contar con su amistad, productiva en el área del trabajo. Haber compartido con ellos, que son Próceres de la Patria, cada uno en su campo. Todos me enseñaron y me apoyaron e influyeron en mi desarrollo.

## ANEXO A.3.- DEDICACIÓN FINAL

Este libro se lo dedico con agradecimiento, a la DIVINA VOLUNTAD.

Lo hago a través de María Santísima, Madre de Dios y Madre mía.

Esperando que sirva para Gloria del Dios verdadero, Uno y Trino: Padre, Hijo y Espíritu Santo.

También se lo dedico a los lectores, para los que pido a Dios toda Bendición.

# RESEÑA BIBLIOGRÁFICA DE REFERENCIA

ALARCON C. LUIS FERNANDO Plan para la realización de Estudios de Productividad en la Construcción.

Artículo Manual ONDAC.

BENDER, RICHARD Una visión de la construcción industrializada,  
“Conducimos hacia el futuro, con la mirada puesta en el espejo retrovisor”.  
G.Gili, Barcelona 1976. 1ª edición N.York 1973

BENTO DE HANAI, JOAO Construcoes de Argamassa Armada, Fundamentos tecnológicos para projeto e execucao.  
Editorial PINI, Sao Paulo, 1992.

CAMPUSANO, DAVID y Curso básico sobre Prefabricación en  
CORTÉS, ALEXIS Hormigón Armado.  
3ª Edición (apuntes técnicos No 18 Instituto del Cemento y el Hormigón (ICH).

CYTED XIV.2 Catálogo Iberoamericano de Técnicas Constructivas Industrializadas para Vivienda Social.  
21 países, proyecto CYTED XIV-2.  
Publicac. Montevideo, Noviembre 1993.

CONFEDERACIÓN DE LA Premio Nacional de Calidad, Reglamento  
**PRODUCCIÓN y del COMERCIO**

CHACANA PONCE, BENJAMIN Calidad Total, método New Brain.  
Ediciones New Brain, 1993.

GHIO CASTILLO, VIRGILIO Guía para la innovación tecnológica.  
+ BASCUÑAN, ROBERTO Escuela Ingeniería P. U. Católica de Chile.  
+ DE SOLMINIHAC, HERNAN Ediciones Universidad Católica de Chile.  
+ SERPEL, ALFREDO Vicerrectoría Académica, 2ª edición 9/1998.

DELPIANO, P.C. RAMON Sistema Simplex – Cepol.  
+ UNDURRAGA M. RAMON Publicación Revista CA  
+ ZACCARELLI V. OSCAR Colegio de Arquitectos de Chile.

DEPETRIS IVULIC, ORESTE Prefabricación Pesada, elementos de H.A.  
Revista C.A. 24. Colegio de Arquitectos de Chile.  
Sistema Structurapid.

+ Publ. Manual ONDAC

DESIDERI, MARIO, PROFESOR ING. Texto Conferencia de sobre el Ingeniero y profesor: Pier Luigi Nervi. Facultad de Arquitectura Universidad Buenos Aires. Agosto 1979.

DONATH, REUBEN, ING. Eficiencia y Productividad en la Construcción.  
Curso dictado por experto, OIT. Centro de Investigación, Colombia, CINVA.  
Publicación CPC Noviembre 1966.

FERNANDEZ ORDOÑEZ, JOSE A. Eduardo Torroja, Ingeniero.  
NAVARRO VERA, JOSE R. Ediciones Pronaos S.A. Madrid.  
ROLAND, CONRAD Frei Otto, Estructuras.  
G.Gili, Barcelona. 1965.

MARTINEZ, LUIS FELIPE Programa de Mejoramiento de la  
+ ALARCON, LUIS FERNANDO Productividad para Obras de Construcción.  
Artículo Manual ONDAC.

PAVEZ GARCÍA, HERNÁN Gestión de Calidad Total y las Normas ISO de la familia 9000.  
Apunte curso CPC sept.1996.

SALAS SERRANO, JULIAN Contra el Hambre de Vivienda, Soluciones Tecnológicas  
Latinoamericanas.  
Libro CYTED XIV.2 – Bogotá, marzo 1992.  
Libro digital: “ Del Habitat 2 al Habitat 3”  
Avances en Vivienda Social a nivel mundial.  
Tecnologías incorporadas.

SERPEL BLEY, ALFREDO Productividad en la Construcción.  
Artículo Manual ONDAC, reproducción de edición Nº 1 de Revista de Ingeniería y  
Construcción, Esc. Ingeniería P.U.C. 1986..

TORROJA MIRET, EDUARDO Razon de ser de los Tipos Estructurales.  
Publicación Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto de Ciencias de la  
Construcción. 10ª edición Madrid.  
Las Estructuras de Eduardo Torroja, vistas por Eduardo Torroja.  
1ª edición 1958. Actual edición, 1999 Madrid: CEDEX, Centro Estudios y Experimentación de  
Obras Públicas, y CEHOPU, Centro Estudios Históricos, O. Públicas y Urbanismo.

U. CENTRAL, ALUMNOS Monografías varias de “próceres” de la  
Prefabricación nacionales e internacionales

UNDURRAGA MONTES, RAMÓN Programación Seriada por Velocidades Rítmicas. 1997:

Apunte curso profesional de Programación y Productividad en obras de construcción, Curso CPC  
Cómo aumentar productividad y calidad en la construcción.

Conferencia IRR (Institute for National Reserch) 1990. Apunte Seminario Negocio Inmobiliario.

VIEIRA WADA, SONIA

As 7 ferramentas estatísticas para o controle RONALDO  
de qualidade. 2ª edicao ilustrada.

ZACCARELLI V. OSCAR

+ SOLER, IGNACIO

+ SANTIS, BEATRIZ

+ ZACCARELLI, PAOLA Publicación final, setiembre 2001, publicada en página web de CPC:  
productividad.cl – 2001 (Actualmente no existe)

Se conserva archivo electrónico.

Investigación CPC – FDI – CORFO:

Industrialización en vivienda social, aplicada

en programas Chile Barrio y PMB.

ZACCARELLI V. OSCAR, Arq.

Productividad e Industrialización, ramo en

Master en Construcción de la Universidad Nacional de Colombia en convenio con Universidad  
Politécnica de Valencia. 1997 y 1999.

Publicación completa de apuntes.

Conceptos de Competitividad:

Productividad, Calidad y Tecnología.

Conferencia en Cámara Chilena de la Construcción. Abril 1998.

Public. Video 90 min. CEDOC Cámara Ch.C. y Facebook.

Incrementos de la Productividad: Industrialización de los Sistemas Constructivos.

Seminario IIR, Institute for International Research: Estrategias para la efectiva Gestión de Proyectos.

Importancia de la prefabricación y su influencia en la productividad. Apunte, 1997.

Productividad, Calidad, e Industrialización en la Construcción.

Conferencia Cámara Chilena de la Construcción de Valparaíso. Sept. 1995.

Apunte preparado, y transcripción textual.

Un proceso de Industrialización vive el sector de la construcción. Grados de Pre - fabricación en la  
construcción tradicional.

Artículo suplemento Urbanismo y Construcciones, El Mercurio 26/4/1995.

Hay que aprovechar todas las oportunidades Tecnológicas.

Artículo suplemento Urbanismo y Construcciones, El Mercurio 27/7/1994.

Edición especial de Prefabricados.

Informe al Sector Público.

Curso Itinerante Vivienda Social para el sector público. Seminario INVI FAU UCH.

Apunte conferencia: Boletín INVI dic. 1993.

Construcción Industrializada, equilibrio entre tradición y prefabricación.

Artículo diario Estategia, 15/12/1993.

Edición especial: Prefabricación.

Chile, Vivenda en Madera.

II Simposium Iberoamericano sobre Técnicas Constructivas Industrializadas para Viviendas de bajo costo.

CYTED-XIV.2. La Habana, 6/1992.

Importancia de la Industrialización.

II Jornada de Vivienda Social Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile. Seminario y publicac. INVI FAU UCH. Sept. 1991.

Productividad y Tecnología.

Conferencia IRR (Institute for National Reserch) Seminario Negocio Inmobiliario. Apunte 1990

Industrialización y Prefabricación.

I Jornada de Vivienda Social Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile. Seminario y publicación INVI FAU UCH, Noviembre 1989. Publ. Manual ONDAC.

Industrialización de la Construcción,

un imperativo social,

un imperativo para el desarrollo.

Artículo Manual ONDAC 93, jun. 1988

Racionalización y Prefabricación

en Hormigón Armado.

Apunte Curso CPC.

# INDICE DETALLADO TERCERA EDICIÓN

Versión CARTA Color Revisado 6 feb 2020

INDICE RESUMIDO DE CONTENIDOS .....	2
<b>A.- INTRODUCCIÓN</b>	
A.1. RAZON DE SER DE ESTA PUBLICACIÓN .....	4
MOTIVACIÓN DE LA 3ª EDICIÓN	
MOTIVACIÓN GENERAL	
A.2. EJECUCIÓN PRIMERO – CONCEPTUALIZACIÓN DESPUÉS .....	5
SE TEORIZA LA EXPERIENCIA. (Ver ANEXO 7.- De cómo empezó todo esto)	
A.3. ESTADO DEL ARTE (En el mundo) .....	6
A.4. ESTADO DEL ARTE (En Chile) .....	7
4.1 HISTORIA DESDE 1960	
4.2 OTRAS EXPERIENCIAS	
4.3 ORIGEN DE LO QUE EISTE HOY (2018) .....	8
A.5. INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN EN CHILE .....	10
<b>CAPITULO 1.- .....</b>	<b>10</b>
<b>ANTECEDENTES PREVIOS</b>	
<b><u>B.- EL LEGADO del CPC</u> .....</b>	<b>10</b>
PALABRAS PREVIAS	
B.1. INTRODUCCIÓN .....	12
B.2. EL LEGADO	
<u>B.2.1 ¿Cómo concebía Donath y CPC la Industrialización?</u>	
B.3. ¿Cómo medir los resultados del CPC? .....	13
F.3.1 ASESORÍA CORVI	
F.3.2 PROYECTO CPC DE INVESTIGACIÓN FDI CORFO: .....	14
B.4. LOS MÉTODOS Y LAS TECNOLOGÍAS BLANDAS .....	15
F.4.1 REFLEXIÓN: SOBRE TECNOLOGÍAS BLANDAS. ....	16
B.5. REFLEXIÓN FINAL: .....	17
<b>C.- CONCLUSIÓN ALARMANTE .....</b>	<b>18</b>
C.1.- La medición del grado de industrialización	
C.2.- Estas <u>no se industrializan comprando prefabricados</u>	
C.3.- La Industrialización de las Constructoras pasa por un cambio de mentalidad	

C.4.- Esta forma de PRODUCCIÓN SERIADA

C.5.- **EL MAYOR DÉFICIT ACTUAL para la Industrialización de la Construcción ... 18**

## **CAPITULO 1.- \_\_\_\_\_ 19**

### **PLANTEAMIENTO Y CLARIFICACIÓN CONCEPTUAL**

#### **1.1. HOY EN CHILE 2018**

##### **1.1-A. APARECE UNA “EXPLOSIÓN VIRTUOSA” (2017)**

A.1.- CORFO: CONCEPTOS Y PROPOSICIONES PARA LÍNEAS DE ACCIÓN  
DIAGNÓSTICO DEL PROGRAMA ESTRATÉGICO CHILE CONSTRUYE 2025 -

A.2.- ¿QUÉ DETECTA CORFO, PARA PLANTEAR EL PROGRAMA ESTRATÉGICO CONSTRUYE  
2025 DATOS DUROS: ESTANCAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD ..... 20

A.3.- LA MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

A.4.- LA SUSTENTABILIDAD ..... 22

A.5.- PLANTEAMIENTOS DE SOLUCIÓN de CORFO

#### **1.2. EL GRAN OBJETIVO: ..... 23**

##### **LA INDUSTRIALIZACIÓN LA CONSTRUCCIÓN A NIVEL NACIONAL**

1.2-A. PARA AVANZAR HACIA LA INDUSTRIALIZACIÓN NACIONAL DE LA CONSTRUCCIÓN

1.2-B. LA INDUSTRIALIZACIÓN CONCEPTUAL en las constructoras

1.2-C. **LAS TRES FORMAS GRADUALES DE INDUSTRIALIZAR**

C.1.- **PRIMER PASO:** + Organizar la obra en producción seriada, repetitiva.

C.2.- **SEGUNDO PASO:** + Introducir la prefabricación. .... 24

C.3.- **TERCER PASO:** + Producir sus propios prefabricados. .... 25

C.4.- **CONCLUSIONES** ..... 26

**LAS PREMISAS ESENCIALES** ..... 26

**LA PRODUCTIVIDAD SE MEDIRÁ EN LAS CONSTRUCTORAS** ..... 27

1.2.D. EL MAYOR DÉFICIT PARA INDUSTRIALIZAR

#### **1.3. PROGRAMACIÓN SERIADA DE OBRAS ..... 28**

##### **INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE LA OBRA**

1.3.A. LA PROGRAMACIÓN SERIADA VECTORIAL (4 CONDICIONES) ..... 29

A.1.- **PRODUCCIÓN EN SERIE – REPETITIVA**

A.2.- **QUE LAS CUADRILLAS, NUNCA CAMBIAN DE ACTIVIDAD en una obra.**

A.3 y 4.- **Todas las partidas se ejecutan a la misma Velocidad, al mismo Ritmo,**

1.3.B. La Capacitación y Especialización de la Mano de Obra ... 30

1.3.C. **GRAFICAR LA PROGRAMACIÓN SERIADA VECTORIAL \_\_\_\_ 32**

C.1.	EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN SERIADA VECTORIAL (Cuadro para Control)	
C.2.	FORMA DE DIBUJAR UNA PROGRAMACIÓN SERIADA REPETITIVA .....	33
C.3.	CALCULO SIMPLE PARA ESTIMAR TIEMPO DE OBRA .....	34
C.4.	EXPERIENCIA ESPECIAL: UNA VIVIENDA SOCIAL EN 4 DIAS ...	35
	REFLEXIÓN	
C.5.	ANÉCDOTA: - Obra El Monte .....	36
C.6.	SIGUIENDO LA REFLEXIÓN SOBRE LA PROGRAMACION SERIADA VECTORIAL	
C.7.	<b>EL CONTROL DE AVANCE DE LA PROGRAMACION SERIADA VECTORIAL ...</b>	<b>37</b>
	LA FOTO HABITUAL DE LAS OBRAS .....	38
C.8.	Expresión Gráfica de la Programación Vectorial de Velocidades Rítmicas ..	41
C.9.	Seleccionar las partidas de Control y dejar solo esas en el cuadro vectorial	
.		
1.4.	TESTIMINIO CABURGA .....	42
.		
1.5.	INVESTIGACIÓN SOCIAL INÉDITA	
	OPERARIOS DE INDUSTRIALIZACIÓN + FDI CPC .	50
.		
1.6.	TRABAJANDO TRABAJANDO TRABAJANDO .....	56
1.6.A.	ROL DEL ESTADO	
1.6.B.	<b>UNA PROPOSICIÓN, PARA GENERAR TRABAJO_ .....</b>	<b>57</b>
	SISTEMAS DE LICITACIONES Y PROMOCIÓN DE INNOVACIONES	
	<b><u>RENOVAR EL SISTEMA DE LICITACIONES MASIVAS</u></b>	
B.1.	<b>INNOVACIÓN TRABAJANDO.</b> Una experiencia genial. (1965 a 70)	
B.2.	EXPERIENCIA EN VIVIENDA INDUSTRIALIZADA	
B.3.	EXPERIENCIA REMODELACIÓN SAN BORJA	
B.4.	APROVECHAR ESTA EXPERIENCIA Y ADAPTARLA AL DÍA DE HOY .....	58
.		
1.7.	<b>LOS EQUIPOS INTERDISCIPLINARIOS</b>	
	INNOVACIÓN Y EQUIPOS PROFESIONALES . Rol del Arquitecto Tecnológico.	
.		
1.8.	ROL DE LAS INSTITUCIONES .....	59
1.8.A.	<u>ROL DE CORFO:</u>	
1.8.B.	ROL DE LA CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN	

	Y SUS CONSTRUCTORAS .....	60
<b>1.8.C.</b>	<b>ROL DE LA FORMACIÓN UNIVERSITARIA</b>	
	C.1. INNOVACIÓN Y EQUIPOS PROFESIONALES . .....	61
	C.2. ¿QUÉ ES UN ARQUITECTO TECNOLÓGICO? .....	62
<b>1.8.D.</b>	<b>ROL DE LOS COLEGIOS Y PROFESIONALES .....</b>	<b>63</b>
<b>1.8.E.</b>	<b>ROL DEL C.C.I.</b>	
<b>1.9.</b>	<b>ALGO SOBRE LA INDUSTRIA PROVEEDORA DE PREFABRICADOS ...</b>	<b>63</b>
	Clarificación semántica	
<b>1.9.A.-</b>	<b>INDUSTRIAS DE TECNOLOGÍA CHILENA .....</b>	<b>64</b>
<b>1.10.</b>	<b>REDUCCIÓN DE PLAZOS : SU IMPORTANCIA .....</b>	<b>65</b>
<b>1.11.</b>	<b>PRODUCTIVIDAD LABORAL – Industrializando la mano de obra. ....</b>	<b>66</b>
<b>1.12.</b>	<b>PROPOSICIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA PROYECTAR EN PREFABRICACION.</b>	
<b>1.13.</b>	<b>¿QUÉ NOS FALTA? .....</b>	<b>69</b>
<b>1.14.</b>	<b>BENEFICIOS DE LA INDUSTRIALIZACION EN LA CONSTRUCCION ...</b>	<b>70</b>
	1.14-A BENEFICIOS LABORALES	
	1.14-B BENEFICIOS ECONOMICOS.	
	1.14-C BENEFICIOS TECNOLOGICOS. ....	71
	1.14-D BENEFICIOS DE SUSTENTABILIDAD .....	72
<b>CAPITULO 2.-</b>	<b>.....</b>	<b>73</b>
<b>2.1.</b>	<b>CONCEPTOS ESTRUCTURALES BÁSICOS .....</b>	<b>73</b>
<b>2.1-A.</b>	<b>LA INERCIA como resistencia a la Flexión</b>	
	A.1. EXPLICACION ARQUITECTONICA DE LA INERCIA	
	A.2. DERIVADOS DEL CONCEPTO DE INERCIA .....,	74
	A.2-A.- PANELES SANDWICH	
	A.2-B.- LAS LOSAS COLABORANTES .....	77
<b>2.1-B.</b>	<b>UNIONES Y CONEXIONES CONCEPTOS GENERALES .....</b>	<b>78</b>
	B.1. UNIONES HUMEDAS .....	79
	B.2. UNION TIPICA DE PILARES PREFABRICADOS A SU FUNDACION .....	82
	B.3. UNIONES SECAS	
	B.4. UNIONES NO ESTRUCTURALES .....	83
<b>CAPÍTULO 3.-</b>	<b>.....</b>	<b>84</b>

# OBRAS Y EJEMPLOS DE SOLUCIONES CONSTRUIDAS:

Aplicando Industrialización sin Industria

DOS EJEMPLOS DE CAPACITACIÓN UNIVERSITARIA

## A.- PROYECTOS DESTACADOS DE CURSOS EN LA UNIVERSIDAD CENTRAL

A.1.-	DOMO PREFABICADO EN H.A.	
A.2.-	EDIFICIO DE OFICINAS 4 PISOS .....	85
	<b>OBRAS CONSTRUÍDAS</b> .....	87
	<b>3.1.- OBRA: PREFABRICACIÓN STADIO ITALIANO</b> .....	<b>88</b>
	1.- ANTECEDENTES INICIALES	
	2.- PLAZO DE LA OBRA: 4 MESES - 3.200 m2	
	3.- CONTRATO POR ADMINISTRACION .....	89
	4.- LA AVENTURA DE LA OBRA	
	5.- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA – SU ESTRUCTURA Y COMPONENTES	
3.1-A	LOS MUROS DE CONTENCIÓN PREFABRICADOS .....	90
	REFLEXIÓN .....	91
	A.1.- LAS FUNDACIONES	
	A.2.- LA ESTRUCTURACIÓN DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN	
	A. 3.- LA FORMA DE LA BASE DEL MURO DE CONTENCIÓN	
3.1-B	LOS MARCOS RIGIDOS – PILARES Y VIGAS	
	B.1.- DESCRIPCIÓN Y ARCOS DE FACHADA PREFABRICADOS .....	96
	B.2.- LOS ARCOS DE 12 m y VOLADOS DE 4 m (de construcción tradicional )	
3.1-C	LAS LOSAS .....	98
	C.1.- FORMA DE LAS LOSAS .....	100
	C.2.- TREN DE PRODUCCIÓN – LOS MEDIOS PRECARIOS – LA TECNOLOGÍA BLANDA y la prefabricación universal o socializada = al alcance de todos	
3.1-D	LAS CERCHAS Y LA CUBIERTA. SU FORMA ESPECIAL .....	101
	D.1.- FORMA DE PRODUCCIÓN, EN TORTA .....	106
	D.2.- LAS CERCHAS SON NOTABLES .....	107
3.1-E	ASPECTOS VARIOS .....	106
	E.1.- EL MONTAJE DE DIFERENTES COMPONENTES	
	E.2.- LAS UNIONES .....	108
	E.3.- LA CAPILLA SAN FRANCISCO .....	109
3.1-F	RESULTADO FINAL DE LA OBRA DEL STADIO ITALIANO: .....	110
	TRASCENDENCIA ECONÓMICA DE LOS PLAZOS REFLEXION	
3.1-G	TERREMOTO DEL 3 DE MARZO DE 1985 .....	111
3.1-H	ANÉCDOTA: ARRIOSTRAMIENTO DE LAS CERCHAS en el 1er SALÓN .....	110
	REFLEXIÓN .....	111
3.1-I	EXCEPCIONAL RESULTADO DE ALTA PRODUCTIVIDAD .....	113
	* Costos bajísimos	
	* Plazos increíbles	
	* Calidad estructural y seguridad sísmica	

- \* Expresión Arquitectónica
- \* Buena adaptación del Proyecto, a la introducción de Prefabricados
- \* Permitió Prefabricar sin Fábrica, al lado de las faenas de Montaje
- \* Sustentabilidad

RESUMEN: SE LOGRÓ PRODUCIR MAS, CON MENOS.

<b>3.2.- OBRA: VEGA LO ESPEJO .....</b>	<b>114</b>
<b>3.3.- OBRA: LAS DOS TORRES EMOS .....</b>	<b>117</b>
<b>3.4.- OBRA: VIVIENDAS SOCIALES (O.Z.) 2002 a 2010 .....</b>	<b>119</b>
3.4-A. SOBRECIMIENTOS PREFABRICADOS	
ANÉCDOTA: A 3 - OBRA CALERA DE TANGO .....	121
3.4-B. CADENAS PREFABRICADAS DE HORMIGÓN ARMADO .....	123
3.4-C. LOSAS DE ENTREPIOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ARMADO .....	125
ANÉCDOTA: A 4- CASAS LA FLORIDA- ENTREPIOS PREFABRICADOS .....	127
3.4-D. ENTREPIOS DE MADERA PREFABRICADOS	
3.4-E. MUROS 2º PISO PREFABRICADOS EN ESTRUCTURA DE MADERA .....	128
3.4-F. PREFABRICACIÓN DE TECHUMBRES - PANELES CIELO - TECHO EN MADERA .....	128
PANEL CIELO .- TECHO NO PARALELO .....	132
3.4-G. CASA RECOLETA 7 Doble Altura .....	134
<b>3.5.- SISTEMA SIMPLEX CEPOL .....</b>	<b>135</b>
3.5-A.- SISTEMA SIMPLEX – INICIOS: PANELES DE MADERA AGLOMERADA	
3.5-B.- INTRODUCCIÓN DEL CEPOL (Cemento y Poliestireno expandido).	
3.5-C.- DESARROLLO DE PANELES DE MURO	
3.5-D.- ALGUNAS OBRAS SEÑERAS	
D.1.- LA AUTOCONSTRUCCIÓN DE LA REINA .....	136
D.2.- PLAN 20.000/70	
D.3.- 159 JARDINAS INFANTILES	
D.4.- 3.000 CASAS CORA .....	137
D.5.- SISTEMAS SIMPLEX MC Y MA	
3.5-E.- DESARROLLO DE PANELES CEPOLITA: Tabiques interiores de edificios	
3.5-F.- FORMAS DE COMERCIALIZACIÓN .....	138
<b>3.6.- PREFABRICACIÓN EN MADERA .....</b>	<b>139</b>
3.6-A ESQUEMAS DE UNA VIVIENDA	
<b>3.7.- OBRA: CVH HUALLILEMU .....</b>	<b>142</b>
ANÉCDOTA: A 5 CVH - SOBRECIMIENTOS EN PENDIENTE .....	145
3.7-A.- EL CENTRO DE REUNIONES	
<b>3.8.- TABIQUERIA EN PERFILES LIVIANOS ACERO GALVANIZAD ...</b>	<b>148</b>
<b>3.9.- SISTEMA HAPE: ACERO + CONCRETO .....</b>	<b>149</b>
<b>3.10.- SISTEMA TILT UP .....</b>	<b>150</b>

<b>A.- ANEXOS</b> .....	<b>152</b>
<b>ANEXO A.1. DE CÓMO FUERON LOS INICIOS DE LA EXPERIENCIA ...</b>	<b>152</b>
UNA ANÉCDOTA: A 1 -	
Nace el Sistema Simplex .....	166
Nace el sistema Simplex – Cepol (Cemento y Poliestireno). .....	167
<b>ANEXO A.2. AGRADECIMIENTOS Y HOMENAJES</b> .....	<b>153</b>
AGRADECIMIENTOS	
HOMENAJES	
<b>ANEXO A.3.- DEDICACIÓN FINAL</b> .....	<b>154</b>
<b>RESEÑA BIBLIOGRAFICA DE REFERENCIA</b> .....	<b>155</b>
<b>INDICE DETALLADO</b> 21 diciembre 2019 .....	159
<b>FIN</b> .....	<b>165</b>