



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE MAR DEL PLATA



FACULTAD  
DE INGENIERIA

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

Trabajo Final de la Carrera de Ingeniería Industrial

---

**COMBI, Pablo**  
**DRAGONETTI, Francisco**

Departamento de Ingeniería Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional de Mar del Plata

Mar del Plata - fecha



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-  
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

---

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

**Autores:** Pablo Combi  
Francisco Dragonetti

**Evaluadores:** Ing. Guillermo Carrizo  
Departamento de Ingeniería Industrial,  
Facultad de Ingeniería, UNMDP

Ing. Sergio Company  
Departamento de Ingeniería Industrial,  
Facultad de Ingeniería, UNMDP

Ing. Edgardo Musumeci  
Departamento de Ingeniería Industrial,  
Facultad de Ingeniería, UNMDP

**Director:** Ing. Liliana Gadaleta  
Departamento de Ingeniería Industrial,  
Facultad de Ingeniería, UNMDP

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
TABLA DE SIGLAS .....	xii
TABLA DE UNIDADES.....	xiv
RESUMEN .....	xv
PALABRAS CLAVE.....	xv
I. INTRODUCCIÓN .....	16
II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. CONCEPTOS RELACIONADOS A LA CONSTRUCCIÓN CON HORMIGÓN .....	18
2.1.1. Hormigón armado.....	18
2.1.2. Elementos de un encofrado.....	18
2.1.3. Clasificación de los encofrados .....	18
2.1.4. Concepto de PPM en la construcción .....	20
2.1.5. Tendencia arquitectónica: hormigón a la vista.....	21
2.2. ESTUDIO DE MERCADO .....	21
2.2.1. Análisis de las cinco fuerzas de Porter .....	21
2.2.2. Métodos de pronóstico de demanda .....	22
2.2.3. Indicador Sintético de Actividad de la Construcción.....	23
2.2.4. Índice construya .....	24
2.3. MEMORIA TÉCNICA .....	25
2.3.1. Características del flujo de proceso.....	25
2.3.2. Estrategia de producto-proceso.....	26

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

2.3.3. Distribución en planta .....	27
2.3.4. Localización.....	28
2.4. ESTUDIO ECONÓMICO .....	28
2.4.1. Inversión total .....	28
2.4.2. Estimación de la rentabilidad .....	29
2.5. FORMULACIÓN ESTRATÉGICA.....	29
2.5.1. Administración estratégica.....	29
2.5.1.1 Visión y misión .....	31
2.5.1.2 Auditoría externa.....	31
2.5.1.3 Auditoría interna.....	31
2.5.1.4 Objetivos a largo plazo.....	32
2.5.1.5 Análisis y selección de la estrategia .....	32
2.5.2. Estrategia comercial .....	37
2.5.2.1 Matriz de Ansoff .....	37
2.5.2.2 Mix de marketing.....	38
2.6. MARCO LEGAL .....	38
2.6.1. Reglamento CIRSOC 201-2005 “Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón” .....	38
2.6.2. Ley N° 11.459. Ley de Radicación Industrial .....	39
2.6.3. Decreto 1741/96.....	39
2.6.4. Ley N° 11.723. Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales .....	40
III. DESARROLLO.....	41
3.1. ESTUDIO DE MERCADO .....	41
3.1.1. Descripción del producto: encofrado metálico .....	41

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

3.1.2. Comparación con encofrados fabricados con otro material .....	45
3.1.3. Análisis de las cinco fuerzas de Porter .....	46
3.1.4. Estudio de demanda.....	52
3.1.5. Determinación de la capacidad de producción .....	57
3.2. MEMORIA TÉCNICA .....	59
3.2.1. Selección de la estrategia producto-proceso .....	59
3.2.2. Descripción del proceso .....	59
3.2.3. Tratamiento de efluentes .....	70
3.2.4. Selección de los equipos necesarios.....	72
3.2.5. Materia prima requerida para la producción.....	82
3.2.6. Mano de obra directa e indirecta requerida .....	84
3.2.7. Requerimiento de servicios .....	85
3.2.8. Distribución de planta .....	86
3.2.9. Localización de la planta .....	88
3.2.10. Categorización del establecimiento industrial .....	92
3.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	93
3.3.1. Cálculo de inversión fija total .....	93
3.3.2. Cálculo de costos totales de producción y determinación del precio de venta .....	95
3.3.2.1. Determinación del costo variable .....	95
3.3.2.2. Determinación del costo fijo .....	98
3.3.2.3. Costo total y estructura de costos .....	99
3.3.2.4. Estimación del precio de venta .....	100
3.3.3. Análisis de rentabilidad y factibilidad económica .....	101
3.3.3.1. Flujo de fondos del proyecto .....	101

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

3.3.3.3. Flujo de fondos del inversionista .....	103
3.3.3.4. Contribución marginal y punto de equilibrio.....	104
3.3.3.5. Análisis de sensibilidad .....	105
3.3.3.6. Análisis de rentabilidad bajo riesgo .....	107
3.4. EVALUACIÓN ESTRATÉGICA.....	111
3.4.1. Determinación del mercado objetivo: segmentación de mercado .....	111
3.4.1.1 Macrosegmentación.....	111
3.4.1.2. Microsegmentación .....	111
3.4.2. Formulación estratégica .....	112
3.4.2.1 Misión y visión.....	112
3.4.2.2. Etapa de entrada .....	112
3.4.2.3. Determinación de objetivos a largo plazo.....	114
3.4.2.4. Etapa de conciliación .....	114
3.4.2.5. Etapa de decisión .....	115
3.4.3. Determinación de la estrategia comercial .....	117
3.4.4. Mix de Marketing .....	117
3.4.4.1 Producto .....	117
3.4.4.2. Precio .....	118
3.4.4.3. Comunicación .....	118
3.4.4.4. Distribución.....	119
3.5 ANÁLISIS DE SITUACIÓN .....	120
IV. CONCLUSIONES.....	120
V. BIBLIOGRAFÍA .....	124
VI. ANEXO .....	126

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

ANEXO I: 6.1. CAPÍTULO 6. SISTEMAS DE ENCOFRADOS. CAÑERÍAS PARA CONDUCCIÓN DE FLUIDOS, INCLUIDAS EN LA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN .....	126
ANEXO II: 6.2. JUSTIFICACIÓN DE NECESIDAD DE TRATAMIENTO DEL EFLUENTE .....	143
ANEXO III: 6.3. FÓRMULA PARA LA CATEGORIZACIÓN DE INDUSTRIAS .....	144



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de los distintos tipos de flujos de procesos.....	26
Tabla 2: Selección del tipo de encofrados. ....	45
Tabla 3: Permisos de edificación por m <sup>2</sup> .....	53
Tabla 4: Pronóstico de permisos de edificación en m <sup>2</sup> para el periodo 2015-2019. ....	53
Tabla 5: Proyección del ISAC.....	55
Tabla 6: Cantidad de columnas que se edificarán por año. ....	56
Tabla 7: Proyección de demanda, mercado objetivo. ....	57
Tabla 8: Demanda de encofrados de madera.....	57
Tabla 9: Capacidad de producción de encofrados.....	58
Tabla 10: Desagregación de encofrados por componentes.....	58
Tabla 11: Autoelevador. ....	73
Tabla 12: Pantógrafo CNC para corte. ....	73
Tabla 13: Tipos de corte.....	75
Tabla 14: Aparejo eléctrico 200 kg. ....	76
Tabla 15: Ventosa para sistema neumático.....	76
Tabla 16: Compresor de aire.....	77
Tabla 17: Equipo para plegado.....	78
Tabla 18: Grabadora. ....	78
Tabla 19: Equipo para soldadura.....	79
Tabla 20: Aparejo eléctrico de 2 t. ....	79
Tabla 21: Calentador.....	80
Tabla 22: Motor para cadena.....	81

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

Tabla 23: Equipo para pintura. ....	81
Tabla 24: Resumen de equipos. ....	82
Tabla 25: Requerimientos de materia prima. ....	83
Tabla 26: Requerimiento de servicios. ....	85
Tabla 27: Matriz de criterios ponderados para la localización. ....	90
Tabla 28: Inversión fija total. ....	95
Tabla 29: Costo de mano de obra. ....	96
Tabla 30: Costo de supervisión. ....	96
Tabla 31: Costo de servicios. ....	97
Tabla 32: Costo de ventas y distribución. ....	99
Tabla 33: Costo de administración y dirección. ....	99
Tabla 34: Costo total. ....	100
Tabla 35: Flujo de fondos del proyecto. ....	101
Tabla 36: Crédito. ....	103
Tabla 37: Flujo de fondos del inversionista. ....	103
Tabla 38: Matriz de evaluación de factores externos. ....	113
Tabla 39: Matriz de evaluación de factores internos. ....	114
Tabla 40: Estrategias FODA. ....	115
Tabla 41: Matriz de planeación estratégica competitiva. ....	116
Cuadro I: Plazos mínimos para remoción de los encofrados laterales cuando se utilice cemento pórtland normal. ....	132
Cuadro II: Plazos mínimos en días, para remoción de apuntalamientos, arriostramientos y otros elementos de sostén, cuando se use cemento pórtland normal. ....	133
Cuadro III: Factor de seguridad mínimo para los accesorios de encofrados y sus apuntalamientos. ....	137

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de las cinco fuerzas de Porter.....	21
Figura 2: Matriz de proceso-producto.....	27
Figura 3: Modelo de la administración estratégica.....	30
Figura 4: Esquema analítico de la formulación estratégica.....	33
Figura 5: Matriz de Ansoff. ....	37
Figura 6: Placa principal.....	42
Figura 7: Placa complementaria.....	42
Figura 8: Perfil L.....	43
Figura 9: Cuñas.....	43
Figura 10: Zuncho o corbata.....	44
Figura 11: Ejemplo de armado de encofrado.....	45
Figura 12: Terminación de encofrados de madera.....	49
Figura 13: Gráfico de m <sup>2</sup> habilitados para edificar anuales.....	54
Figura 14: Serie histórica del ISAC.....	54
Figura 15: Porcentaje de empresas proveedoras de encofrados.....	56
Figura 16: Diagrama de flujo de proceso.....	60
Figura 17: Diagrama de flujo de proceso (continuación I).....	61
Figura 18: Diagrama de flujo de proceso (continuación II).....	62
Figura 19: Cursograma analítico.....	63
Figura 20: Medidas de chapas para la elaboración de placas principales.....	65
Figura 21: Medidas de chapas para la elaboración de placas complementarias.....	66
Figura 22: Medidas de chapas para la elaboración de perfiles L.....	66

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

Figura 23: Medidas de chapa para la elaboración de cuñas.....	67
Figura 24: Medidas de chapa para la elaboración de zunchos. ....	67
Figura 25: Autoelevador. ....	73
Figura 26: Pantógrafo CNC para corte. ....	73
Figura 27: Tipos de corte.....	74
Figura 28: Aparejo eléctrico de 200 kg. ....	76
Figura 29: Ventosa para sistema neumático.....	76
Figura 30: Compresor de aire.....	77
Figura 31: Equipo para plegado. ....	78
Figura 32: Equipo para grabado. ....	78
Figura 33: Soldadora.....	79
Figura 34: Aparejo eléctrico de 2 t.....	79
Figura 35: Calentador.....	80
Figura 36: Motor para cadena. ....	81
Figura 37: Equipo para pintura. ....	81
Figura 38: Diagrama de la relación de actividades. ....	86
Figura 39: Diagrama adimensional de bloques.....	87
Figura 40: Distribución en planta. ....	87
Figura 41: Identificación de opciones de localización. ....	88
Figura 42: Plano del Parque Industrial General Savio. ....	91
Figura 43: Estructura de costos.....	100
Figura 44: Tiempo de repago. ....	102
Figura 45: Punto de equilibrio.....	105
Figura 46: Costo del acero en pesos.....	106

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

Figura 47: Sensibilidad de un parámetro. ....	106
Figura 48: Gráfica de porcentaje de desviación.....	107
Figura 49: Distribución triangular asociada a los ingresos por ventas.....	108
Figura 50: Distribución triangular asociada al costo del acero. ....	108
Figura 51: Distribución triangular asociada al costo de servicios. ....	109
Figura 52: Gráfico de frecuencias acumuladas inversas.....	110
Figura 53: Definición del mercado de referencia.....	111

## TABLA DE SIGLAS

$\mu$ : Coeficiente de fricción.

A: Aceleración.

ABS: *Acrylonitrile Butadiene Styrene*<sup>1</sup>.

ISI: *American Iron and Steel Institute*<sup>2</sup>.

BCG: *Boston Consulting Group*<sup>3</sup>.

Ce: Calor específico.

CIRSOC: Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles.

CNC: Control Numérico por Computadora.

COT: Código de Ordenamiento Territorial.

CPPC: Costo Promedio Ponderado del Capital.

D.B.O.: Demanda Biológica de Oxígeno.

D.I.A.: Declaración de Impacto Ambiental.

D.Q.O.: Demanda Química de Oxígeno.

E.I.A.: Evaluación de Impacto Ambiental.

EDEA: Empresa Distribuidora de Energía Atlántica.

EFE: Matriz de Evaluación de Factores Externos.

EFI: Matriz de Evaluación de Factores Internos.

F: Fuerza.

FAECYS: Federación Argentina de Empleados de Comercio y Servicios.

FODA: Fortalezas-Oportunidades-Debilidades-Amenazas.

FOS: Factor de Ocupación del Suelo.

G: Gravedad.

IE: Matriz Interna-Externa.

---

<sup>1</sup> Acrilonitrilo Butadieno Estireno.

<sup>2</sup> Instituto Americano del Hierro y el Acero.

<sup>3</sup> Grupo Consultor de Boston.

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

INDEC: Instituto Nacional De Estadísticas y Censos.

ISAC: Indicador Sintético de la Actividad de la Construcción.

$I_w$ : Capital de trabajo.

Kd: Costo de capital de deuda.

Ke: Costo de capital propio.

M: Masa.

MAPE: *Mean Absolute Percentage Error*<sup>4</sup>.

MO: Mano de Obra.

MP: Materia Prima.

MPEC: Matriz de Planeación Estratégica Competitiva.

N.C.A.: Nivel de Complejidad Ambiental.

Nr: Tiempo de repago.

O.P.D.S: Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible.

P: Potencia.

PPM: Prefabricación, Preensamble y Modularización.

S.A.: Sociedad Anónima.

S.A.A.M: Sustancias Activas al Azul de Metileno.

S.E.: Sociedad de Estado.

S.R.L.: Sociedad de Responsabilidad Limitada.

S: Coeficiente de seguridad.

SAE: *Society of Automotive Engineers*<sup>5</sup>.

SPACE: *Strategic Position and Action Evaluation*<sup>6</sup>.

TIR: Tasa Interna de Retorno.

UOM: Unión Obrera Metalúrgica.

V: Velocidad.

---

<sup>4</sup> Error Porcentual Absoluto Medio.

<sup>5</sup> Sociedad de Ingenieros Automotores.

<sup>6</sup> Matriz de Posición Estratégica y Evaluación de Acciones.

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

$\Delta T$ : Variación de temperatura.

## TABLA DE UNIDADES

Símbolo	Nombre de la unidad	Magnitud	Prefijo
m	Metro	Longitud	m=mili ( $10^{-3}$ )
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado	Superficie	c=centi ( $10^{-2}$ )
m <sup>3</sup>	Metro cúbico	Volumen	d=deci ( $10^{-1}$ )
g	Gramo	Masa, fuerza	da=deca ( $10^1$ )
t	Tonelada	Masa, fuerza	h=hecto ( $10^2$ )
l	Litro	Volumen	k=kilo ( $10^3$ )
bar	Bar	Presión	
°C	Grado centígrado	Temperatura	
W	Watt	Potencia	
HP	Caballo de fuerza	Potencia	
J	Joule	Energía, trabajo, cantidad de calor	
s	Segundo	Tiempo	
min	Minuto	Tiempo	
h	Hora	Tiempo	
\$	Peso argentino	Moneda	
US\$	Dólar estadounidense	Moneda	
upH	Unidad de pH	Acidez o alcalinidad de una sustancia	



# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

## RESUMEN

La tendencia arquitectónica hacia la edificación con hormigón visto demanda una buena calidad de acabado. Esta terminación se logra en forma más eficiente mediante el uso de encofrados plásticos o metálicos, en lugar de los encofrados tradicionales de madera. Ante la falta de variedad de productos nacionales que tengan un buen desempeño, en términos de calidad de acabado, vida útil y tiempos de armado, se propone analizar la factibilidad para la instalación de una fábrica de encofrados metálicos, para columnas de hormigón en la ciudad de Mar del Plata. Se establece una duración del proyecto de 5 años, para el cual se especifican los procesos, equipos, mano de obra, materia prima y servicios para llevarlo a cabo. Concluyéndose, que a partir de una inversión inicial de 2.251.896 US\$, el proyecto es rentable debido a que la TIR obtenida (31,22%) supera el CPPC (15,9%). El Nr (2,14 años) resulta menor a la mitad de la duración del proyecto (2,5 años), por lo tanto el proyecto es rentable. Además el proyecto resulta rentable para el inversionista, ya que se obtuvo una TIR (45,49%) mayor al Ke (24%). Siendo la capacidad de pago (7,85) mayor a 7, se concluye que es posible acceder a la línea de crédito "Línea PYME del BICE", que cuenta con una tasa de interés de 6,27% y para financiar el 50% de la inversión fija del proyecto.

## PALABRAS CLAVE

Hormigón visto, encofrados metálicos, encofrado de columnas, factibilidad económica, trabajo final.

## I. INTRODUCCIÓN

La construcción, como sector productivo, es de gran importancia en el desarrollo y crecimiento económico de nuestro país y del mundo en general. Su dinámica ejerce un efecto multiplicador en la economía, ya que considera que por cada trabajo en la construcción, se generan dos trabajos más en otras partes de la economía relacionada con la misma (Idits, 2005); además de impulsar permanentemente el progreso de la sociedad.

A través de la construcción se da respuesta a las necesidades de la población, con el desarrollo de proyectos de infraestructura y soluciones de vivienda, constituyéndose en fuente permanente de trabajo, con la utilización de mano de obra de manera intensiva y generando una importante actividad indirecta en otros sectores de la economía del país.

A pesar de su importancia, la industria de la construcción es, incomprensiblemente, uno de los sectores que menor grado de desarrollo presenta en la mayoría de los países, convirtiéndose en una actividad caracterizada por grandes deficiencias y falta de efectividad. Esto último se traduce en la poca competitividad por parte de las empresas constructoras.

Este trabajo tiene como objetivo realizar un aporte para atenuar parte de estas ineficiencias presentes a la hora de llevar a cabo una obra. Se trata de un estudio de factibilidad para la instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en la ciudad de Mar del Plata.

El encofrado es uno de los elementos más importantes en la construcción, el mismo designa la técnica y puesta en forma del hormigón. Un encofrado es un sistema conformado por piezas acopladas, un molde (temporal o permanente), que permite contener y dar forma al hormigón, generalmente armado, en la obra.

Históricamente, los encofrados fueron armados en el lugar de la obra a partir de los distintos tipos de madera disponibles en la zona. La madera era preparada según las especificaciones y se unían las distintas partes que conformaban el molde, que posteriormente contendría al hormigón.

A partir de la era industrial la madera llegaba a las construcciones en forma de planchas laminadas y con algún tipo de aditivo para, entre otras cosas, permitir que brinde una superficie más uniforme a través de una capa de material fenólico. Luego, a estas planchas se las modificaba de acuerdo con la estructura deseada.

Poco ha cambiado desde entonces la forma en que se arman los encofrados. En la actualidad, sin embargo, existe una tendencia por parte de las grandes empresas constructoras a mudarse hacia otros sistemas de encofrados que brinden mayor

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

modularidad, menores tiempos de armado, mejor calidad en la terminación superficial del hormigón y mayor productividad, entre otras ventajas.

La finalidad de este trabajo es evaluar la introducción de un tipo de encofrado metálico industrializado y modular para el moldeado de hormigón de fácil manejo, multiusos, con medidas estandarizadas, que proporciona uniformidad en superficies a la vista y seguridad estructural, para la edificación de columnas. Con este sistema constructivo se pueden construir proyectos de viviendas a menor costo y en un menor tiempo de ejecución.

Este trabajo cuenta con un marco teórico, en el que se enumeran conceptos relacionados al tema en cuestión y a las herramientas utilizadas en el desarrollo. Este último está compuesto por un estudio de mercado a fin de determinar la demanda del producto y el probable precio de venta; la memoria técnica en la cual se definen los requerimientos de materia prima, equipos, mano de obra (directa e indirecta) y servicios; la evaluación económica donde se determina la inversión necesaria, la estructura de costos y el análisis de rentabilidad del proyecto; y el plan de marketing en el cual se fija el mercado objetivo, se establece la estrategia general de la empresa y se determinan los lineamientos de acción para las variables que componen el mix de marketing.

El proyecto concluye con la presentación de los resultados obtenidos y las conclusiones derivadas.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. CONCEPTOS RELACIONADOS A LA CONSTRUCCIÓN CON HORMIGÓN

#### 2.1.1. Hormigón armado

El hormigón armado es un material compuesto que se obtiene a partir de hormigón (mezcla de cemento, agua, arena y piedras gruesas), al que se le añade un esqueleto interno (estructura de acero armada con barras de acero nervurado entrelazadas). Durante el proceso de fraguado, se endurece la mezcla y se obtiene como resultado el hormigón armado, que es capaz de resistir grandes esfuerzos de compresión y flexión.

Mientras se desarrolla el proceso de fraguado, es necesario mantener el hormigón con la forma que se requiere hasta que su cohesión interna sea suficiente para asegurar la integridad de la pieza. En dicho momento se remueve el encofrado. (La Revista Ingeniería de Construcción, 1997)

#### 2.1.2. Elementos de un encofrado

Los encofrados generalmente están compuestos por dos tipos de elementos distintos: los de molde y los de refuerzo.

Estos dos elementos deben estar en condiciones de soportar, sin deformación perjudicial o visible, las cargas a que se les someta durante la ejecución.

Los elementos de molde son aquellos que dan al hormigón la forma y el acabado previstos, mientras que los elementos de apoyo y refuerzo son los que deben garantizar la resistencia y permanencia de la forma del encofrado.

#### 2.1.3. Clasificación de los encofrados

Los encofrados pueden ser clasificados según los siguientes criterios:

- Por la terminación en el hormigón:

Encofrados de hormigón visto: este tipo de hormigón es aquel que se muestra durante su vida útil tal y como se presenta una vez retirados los encofrados, sin revestimientos o la adición de otros materiales que lo cubran con finalidad ornamental.

Encofrados de hormigón para revestir: a este hormigón se le aplica algún material para revestirlo. En este caso no se requiere que el encofrado tenga alguna propiedad estética adicional a las estructurales.

- Por el número de usos:

Encofrados recuperables: encofrados que pueden ser utilizados más de una vez.

Encofrados perdidos: tienen un único uso.

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

- Por el material con el que están fabricados:

Encofrados de madera: son fabricados con madera, madera contrachapada o aglomerado resistente a la humedad. Es fácil de producir, y muy utilizada en obras pequeñas y medianas donde los costos de mano de obra son menores que los del alquiler de otro tipo de encofrado. Tiene una vida útil relativamente corta. El acabado de la superficie varía dependiendo del acabado de la madera.

Las ventajas consisten en su flexibilidad que le permite producir prácticamente cualquier forma, su montaje es simple, su peso es bajo en relación a su resistencia, es económico (su costo de inversión es bajo respecto a los demás materiales) y la oferta en el mercado de este tipo de encofrado es amplia.

Las desventajas se presentan debido al abuso de clavos y tornillos que debilita a la madera, el desencofrado o desarme que debe realizarse con cuidado para no dañar la madera, y la complejidad de trabajo y los elevados costos que resultan de la fabricación de estructuras de madera para trabajos de gran extensión.

Encofrados metálicos: son elaborados con acero al carbono.

Las ventajas consisten en su rápido armado, desarmado y transporte, además resultan económicos cuando el número de usos es grande. El acabado de la superficie es liso y poseen gran capacidad de carga.

Como desventajas de utilizar este tipo de encofrado se presentan el costo de inversión elevado, el significativo costo de reparación ante una deformación producida por un golpe, necesitan protección contra la oxidación, su peso es considerable en comparación a su resistencia y el proceso es más lento durante su fraguado en tiempo frío debido a su alta conductividad térmica.

Encofrados plásticos: suelen estar reforzados con fibra de vidrio. Su utilización es consecuencia del incremento que está tomando la utilización de formas y diseños complicados del hormigón, debido a que el material necesario debe contar con ciertas propiedades que no poseen otro tipo de encofrados tradicionales. Este tipo de encofrado presenta como ventajas la posibilidad de moldearse en formas, resultan livianos y fácilmente desmontables, no son corrosivos, permiten realizar el encofrado y el acabado de las superficies al mismo tiempo y lograr todo tipo de obras con gran facilidad y con diseños originales;

Encofrados de cartón: son parte de los encofrados perdidos, es decir, pueden utilizarse una sola vez.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

Encofrados de aluminio: tiene características similares a las de los encofrados metálicos. La diferencia es su mayor liviandad y su mayor costo.

### 2.1.4. Concepto de PPM en la construcción

Aunque la prefabricación de ciertos elementos de construcción es frecuente en proyectos de construcción en América Latina, la utilización de estrategias masivas de PPM (Prefabricación, Preensamble y Modularización) es escasa. El aumento en la productividad y los ahorros obtenidos debido a la aplicación de esta metodología son significativamente mayores que aquellos obtenidos con enfoques tradicionales. (La Revista Ingeniería de Construcción, 1997)

El desarrollo de este tipo de programa surge como respuesta a necesidades reales en los procesos productivos:

- Restricciones del sitio: en algunos casos, la construcción de un determinado proyecto ofrece características de cantidades importantes de personal, equipos y materiales, con un espacio físico muy limitado.
- Restricciones de mano de obra: es frecuente que el lugar escogido para la construcción se encuentre alejado de centros urbanos. En estos casos, la mano de obra tiende a escasear, lo cual es especialmente complicado en el caso de la mano de obra calificada.
- Restricciones de tiempo: existen trabajos que sólo pueden ejecutarse en lapsos de tiempo muy cortos. La posibilidad de anticipar parte de los trabajos fuera de la obra hará más eficiente el uso del tiempo crítico.
- Restricciones del medio ambiente: debido a problemas de altitud, temperaturas extremas, etc., no es factible o conveniente realizar las operaciones de construcción en el sitio.
- Restricciones/Beneficios del proyecto: Es cada vez más usual que los mandantes de los proyectos procuren que sus proyectos se terminen en el menor tiempo posible. Esto, por lo general, tiene por objeto adelantar la etapa de producción del proyecto.

La aplicación de una política de PPM es una forma de responder a estos requerimientos y permite disminuir el plazo de construcción, por efecto de adelantar la ejecución de una parte de la obra que, de otra manera, debe esperar a que se cumpla la secuencia de trabajo tradicional. Además permite enfrentar el efecto de condiciones desfavorables en el lugar de la obra y aprovechar las ventajas en calidad, productividad, costo, y reducción de riesgos que se pueden obtener en un taller especializado.

## 2.1.5. Tendencia arquitectónica: hormigón a la vista

El hormigón es utilizado masivamente en todo el mundo debido a sus cualidades estructurales, económicas y estéticas. Como resultado de esta tendencia, en Argentina hay cada vez más obras que se inclinan por este material. Este conjunto de cualidades del material conforman el “hormigón arquitectónico” u “hormigón a la vista”.

La mejora de sus materiales básicos y los avances técnicos permiten trabajar con diferentes formas y espesores, aumentando su versatilidad. Hoy el hormigón a la vista se ha transformado en tendencia incorporando una cualidad estética, que lo transforma en una parte visual de los espacios interiores y siendo objeto de decoración.

La tendencia se presenta debido a las ventajas que brinda este material: es fácil de limpiar, es conductor de calor, es ignífugo, es buen aislante de sonido, tiene gran durabilidad y además resulta muy económico.

En algunos casos no se aprecia un acabado de calidad, presentando una apariencia poco uniforme. Es por eso que cuando se utiliza el hormigón a la vista en una obra, debe tomarse un importante número de recaudos y, ante un mínimo error, los resultados pueden no ser los esperados. (El blog de Anida, 2013)(Asociación Argentina del Hormigón Elaborado, 2012).

## 2.2. ESTUDIO DE MERCADO

### 2.2.1. Análisis de las cinco fuerzas de Porter

Existen cinco fuerzas que determinan las consecuencias de rentabilidad a largo plazo de un mercado o de algún segmento perteneciente al mismo. El modelo se puede observar en la Figura 1 (Porter, 1980):

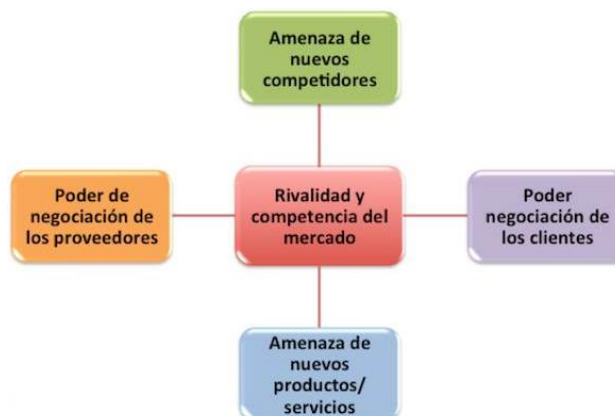


Figura 1: Modelo de las cinco fuerzas de Porter.  
Fuente: Elaboración propia.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

1. Amenaza de entrada de nuevos competidores: el mercado o el segmento no es atractivo dependiendo de si las barreras de entrada son fáciles o no de franquear por nuevos participantes que puedan llegar con nuevos recursos y capacidades para apoderarse de una porción del mercado.
2. Rivalidad entre competidores: para una empresa será más difícil competir en un mercado o en uno de sus segmentos donde los competidores estén muy bien posicionados, sean numerosos y los costos fijos sean altos, pues constantemente se enfrentará a guerras de precios, campaña publicitarias agresivas, promociones y entrada de nuevos productos.
3. Poder de negociación de los proveedores: un mercado o segmento del mercado no será atractivo cuando los proveedores estén muy bien organizados gremialmente, tengan fuertes recursos y puedan imponer sus condiciones de precio y tamaño del pedido. La situación será más complicada si los insumos que suministran son claves para la empresa (no tienen sustitutos o son pocos y de alto costo), o si al proveedor le conviene estratégicamente integrarse hacia adelante.
4. Poder de negociación de los compradores: un mercado o segmento no será atractivo cuando los clientes estén muy bien organizados, el producto tiene varios o muchos sustitutos, o bien el producto no se diferencia o es de bajo costo para el cliente. La situación será más complicada si al cliente le conviene estratégicamente integrarse hacia atrás.
5. Amenaza de ingreso de productos sustitutos: Un mercado o segmento no será atractivo si existen productos sustitutos reales o potenciales. La situación será más complicada si los sustitutos están más avanzados tecnológicamente o pueden entrar a precios más bajos reduciendo los márgenes de utilidad de la empresa.

### **2.2.2 Métodos de pronóstico de demanda**

La predicción de los comportamientos de las variables económicas constituye, sin duda, una de las mayores dificultades en el estudio de propuestas de inversión. Sin embargo, su realización es ineludible para la evaluación de proyectos. El resultado de una predicción se debe considerar sólo como una medición de evidencias incompletas, basadas en comportamientos empíricos de situaciones parcialmente similares o en inferencias de datos estadísticos disponibles. (Sapag Chain, 2007)

Cada una de las técnicas de proyección tiene una aplicación de carácter especial que hace de su decisión un problema decisional influido por diversos factores, como por ejemplo, la validez y disponibilidad de los datos históricos, el costo del procedimiento, el tiempo disponible para hacer el estudio, entre otros. Tan importante como estos es la etapa



# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

del ciclo de vida en que se encuentre el producto cuyo comportamiento se desea pronosticar.

La mayor dificultad de pronosticar comportamientos radica en la posibilidad de eventos que no hayan ocurrido anteriormente, como por ejemplo el desarrollo de nuevas tecnologías. Los antecedentes históricos serán, por lo tanto, variables referenciales para el analista quien deberá utilizar métodos de proyección como técnicas complementarias antes que como alternativas estimativas certeras. (Sapag Chain N. y Spag Chain R., 2003)

Los métodos subjetivos de proyección brindan información de tipo cualitativa. Estos adquieren relevancia cuando los métodos cuantitativos basados en información histórica no pueden explicar por si solos el comportamiento futuro esperado de alguna variable o cuando el proyecto implica la producción de un bien no existente hasta el momento en el mercado. (Semyraz D.J., 2006)

Para estimar la demanda de los encofrados metálicos, se realiza la proyección de la construcción de columnas de hormigón en Argentina. El método utilizado para tal fin es el de suavizado exponencial doble.

El método de suavizado exponencial doble (Berenson et al., 2001) se utiliza para corregir el efecto de la tendencia experimentada por los datos de la serie. Para esto, se utilizan las siguientes ecuaciones (1):

$$\begin{aligned} S_{t+1} &= \alpha x_t + (1 - \alpha)(S_t + T_t) \\ T_{t+1} &= \beta(S_{t+1} - S_t) + (1 - \beta)T_t \\ F_{t+1} &= S_{t+1} + T_{t+1} \quad \text{con } k \leq t \leq n \end{aligned} \quad (1)$$

Cuando  $t = k$   $S_t = \sum_{t=1}^k \frac{x_t}{k}$  si  $k = 1$ ;  $T_t = 0$  si  $k > 1$ ;  $T_t = b_1 \text{pendiente}$

$F_{t+1}$ = pronóstico con tendencia corregida para el período (t+1).

$S_t$ = pronóstico inicial para el período t.

$T_t$ = tendencia para el período t.

$\alpha$ = constante de suavización ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ).

$\beta$ = constante de ajuste de tendencia ( $0 \leq \beta \leq 1$ ).

## 2.2.3. Indicador Sintético de Actividad de la Construcción

El Indicador Sintético de la Actividad de la Construcción (ISAC), confeccionado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC), muestra la evolución del sector tomando como referencia la demanda de insumos requeridos en la construcción. Está compuesto por el análisis agregado de cinco tipologías de obra que permiten lograr una

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

adecuada cobertura de la actividad. En cada uno de los cinco bloques se agrupan aquellas obras que tienen similares requerimientos técnicos:

- Edificios para viviendas.
- Edificios para otros destinos.
- Obras civiles.
- Construcciones petroleras.
- Otras obras de infraestructura.

A cada bloque se lo puede identificar con una función de producción que relaciona los requerimientos de insumos con el producto de la obra. Por lo tanto, el movimiento de cada bloque está dado por la demanda del grupo de insumos característicos de ese tipo de obra.

Los datos utilizados en el cálculo del ISAC provienen de un conjunto de informes que pertenecen, en su mayor parte, a empresas manufactureras líderes seleccionadas sobre la base de una investigación de relaciones intersectoriales.

### **2.2.4. Índice construya**

El “Grupo Construya con los Líderes” es una iniciativa exclusivamente privada, que agrupa a catorce empresas líderes con el fin de promover en forma conjunta el crecimiento de la construcción.

El Índice construya se creó en el año 2002 para medir la evolución del sector de la construcción. Mide el nivel de actividad de catorce empresas representativas del mercado del sector. Está realizado con los valores que surgen de las ventas de las empresas que conforman el “Grupo Construya con los Líderes” y se publica mensualmente.

El Índice construya reúne las siguientes características:

- Tiene base 100, en junio de 2002.
- Cuantifica mes a mes la evolución de la actividad de la construcción según series estacionalizadas o desestacionalizadas.
- Las series reales muestran los datos tal cual aparecen en la realidad, con valores sin corregir.
- Existen circunstancias regulares que modifican el comportamiento del sector. Al conocerse estadística y matemáticamente de qué manera se produce esta modificación, puede eliminarse este factor y medir las restantes circunstancias que afectan al mencionado comportamiento.

## **2.3. MEMORIA TÉCNICA**

### **2.3.1. Características del flujo de proceso**

Una posible clasificación de los procesos es el de flujo de producto o secuencia de operaciones. Existen tres tipos de flujo: en línea, intermitente y por proyecto (Schroeder, 1992).

Flujo en línea: se caracteriza por una secuencia de operaciones lineal que se utiliza para fabricar el producto o dar el servicio. En este tipo de operaciones, el producto debe estar bien estandarizado y debe fluir desde una operación o estación de trabajo hasta la siguiente en una secuencia prescrita.

Las operaciones en línea son extremadamente eficientes, pero también muy inflexibles. La eficiencia se debe a la sustitución del capital por la mano de obra y a la estandarización de la mano de obra restante en tareas muy rutinarias. El alto nivel de eficiencia exige que se mantenga un volumen grande para poder recuperar el costo del equipo especializado. Esto, a su vez, exige una línea con productos estandarizados.

Flujo intermitente: se caracteriza por la producción de lotes a intervalos intermitentes. Tanto el equipo como la mano de obra se organizan en centros de trabajo. Un producto o proyecto fluirá sólo a aquellos centros de trabajo que le sean necesarios y no utilizará los demás. Esto da como resultado un patrón irregular.

Debido a que utilizan equipo para propósitos generales y mano de obra altamente calificada, las operaciones intermitentes son extremadamente flexibles para cambiar el producto o el volumen, pero también son bastante ineficientes.

Proyecto: esta forma de operaciones se utiliza para producir productos únicos. Cada unidad de estos productos se elabora como un solo artículo. Estrictamente hablando, no existe un flujo del producto para un proyecto, sin embargo existe una secuencia de operaciones.

En la Tabla 1 se listan las características de cada tipo de flujo de proceso:

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Características	Línea	Intermitente	Proyecto
<b>Producto</b>			
Tipo de pedido	Lotes grandes	Lote	Una sola unidad
Flujo del producto	En secuencia	Desordenado	Ninguno
Variedad del producto	Baja	Alta	Muy alta
Tipo de mercado	Masivo	Por cliente	Único
Volumen	Alto	Medio	Una sola unidad
<b>Mano de obra</b>			
Habilidades	Bajas	Altas	Altas
Tipo de tarea	Repetitiva	No rutinarias	No rutinarias
Salario	Bajo	Alto	Alto
<b>Capital</b>			
Inversión	Alta	Media	Baja
Inventario	Bajo	Alto	Medio
Equipo	Propósitos especiales	Propósitos generales	Propósitos generales
<b>Objetivos</b>			
Flexibilidad	Baja	Media	Alta
Costo	Bajo	Medio	Alto
Calidad	Constante	Variable	Variable
Servicio	Alto	Medio	Bajo
<b>Control y planeación</b>			
Control de producción	Fácil	Difícil	Difícil
Control de calidad	Fácil	Difícil	Difícil
Control de inventario	Fácil	Difícil	Difícil

**Tabla 1: Características de los distintos tipos de flujos de procesos.**

Fuente: Elaboración propia en base al libro "Administración de Operaciones" (1992).

### 2.3.2. Estrategia de producto-proceso

Se ha considerado la selección de procesos como una decisión estática. Sin embargo, en realidad tiene una naturaleza dinámica puesto que sus efectos siguen presentes conforme el proceso evoluciona de una etapa a otra con el tiempo. Más aún, los cambios en el proceso se relacionan íntimamente con los cambios en el producto (Schroeder, 1992).

Tanto Hayes como Wheelwright (1979) sugirieron que se considerara a los procesos y a los productos como dos lados de una misma matriz, como la que se muestra en la Figura 2. En el lado de los productos se encuentra el ciclo de vida del producto de una empresa cuyo margen de producción va desde un volumen bajo de productos únicos hasta un volumen alto de productos estandarizados. Conforme madura la línea de productos, pasa del lado izquierdo de la matriz hacia el derecho. En el lado del proceso de la matriz se encuentra el tipo de proceso que va desde un taller por proyectos (flujo desordenado) hasta un proceso continuo. Con frecuencia las empresas se ubican a lo largo de la diagonal de la matriz.

La matriz proceso-producto ayuda a describir la relación entre la estrategia del proceso y la del producto. En algunos casos la estrategia corporativa se desarrolla

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

solamente a la luz de los productos y los mercados. Esto limita a la empresa a una elección entre una sola dimensión de la matriz. Al reconocer la dimensión del proceso, la compañía también puede aprovecharse de su habilidad en los procesos de operación. Esto incrementa considerablemente ellas opciones estratégicas disponibles y permite el uso de operaciones como “arma” de estrategia corporativa.

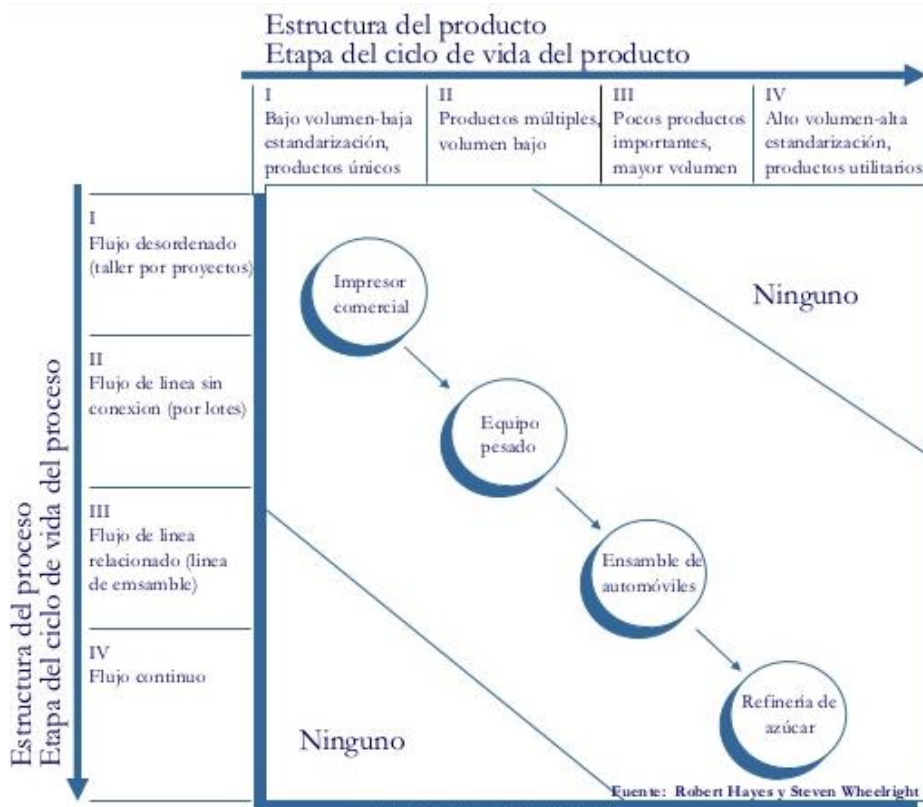


Figura 2: Matriz de proceso-producto.

Fuente: Administración de operaciones (1992).

### 2.3.3. Distribución en planta

La distribución en planta es un proceso basado en la determinación de la ubicación óptima de cada una de las distintas áreas y departamentos, que pertenecen a una misma planta industrial y de los distintos equipos y maquinarias dentro de cada uno de ellos.

Las herramientas que se utilizan para lograr tal objetivo son:

- El diagrama de relación de actividades, que muestra las relaciones de cada departamento, oficina o área de servicios, con cualquier otro departamento o área.
- El diagrama adimensional de bloques, que permite una primera aproximación a la distribución final de la planta. (Meyers y Stephens, 2006).

## 2.3.4. Localización

La localización de una instalación es el proceso de determinar un lugar geográfico para realizar las operaciones de una empresa. Dicho proceso tiene un impacto significativo en los costos de operación de la compañía, los precios que ésta cobra por los productos y servicios y en la capacidad que tiene para competir en el mercado y penetrar nuevos segmentos de clientes. (Krajewski, 2008)

Para la selección de la localización de la planta industrial se utiliza la matriz de criterios ponderados, que se basa en una serie de criterios a partir de los cuales se evalúan las distintas alternativas, con un puntaje entre 1 y 10 (que representan una peor o mejor evaluación de cada posible localización respecto a cada criterio, respectivamente). Éstos factores deben ser sensibles a la localización, es decir, no se deben tener en cuenta factores que no resulten afectados por la localización; y deben tener un fuerte impacto en la capacidad de la empresa para alcanzar sus metas.

Se determina el peso que tiene cada uno de los criterios a la hora de tomar la decisión, con un valor entre 0 y 1, siendo la suma total de las ponderaciones de cada criterio igual a la unidad.

Se realiza el producto entre el peso de cada criterio por el puntaje obtenido de cada alternativa en éste, se suman los valores obtenidos de cada ubicación posible, y la que obtenga el mayor puntaje será en la que se localizará la planta.

## 2.4. ESTUDIO ECONÓMICO

### 2.4.1. Inversión total

La inversión total es la cantidad de dinero necesaria para poner un proyecto en operación, ya sea de bienes industriales o servicios. La inversión total está compuesta por dos partes:

- La inversión fija total, que es la cantidad de dinero necesario para construir totalmente una planta de procesos, con sus servicios auxiliares y ubicarla en situación de poder comenzar a producir. Para la determinación de la inversión fija, se utiliza el método de estimación por factores en aquellos casos en los que se carece de información en detalle. Este es un método mediante el cual puede extrapolarse la inversión fija, a partir del precio de los equipos principales del proceso con instalación (Happel y Jordan, 1981) y de la selección cuidadosa de ciertos factores dentro del rango dado.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

- La inversión en capital de trabajo ( $I_w$ ), que es el capital necesario para que una vez que la planta se encuentre instalada y puesta en régimen normal de operación, pueda operar a los niveles previstos en los estudios técnico-económicos. Es el capital adicional con el que se debe financiar la producción antes de percibir ingresos por ventas.

Existen variados métodos para estimar el capital de trabajo, entre los cuales se pueden mencionar:

1. Tomarlo como el 10-20% de la inversión fija total. En general, el 10% es una estimación aproximada para industrias químicas y alimenticias, pero que puede tenerse en cuenta en ausencia de otros datos.
2. Calcular los requerimientos de capital para operar la planta durante un determinado período de tiempo, en función de las condiciones de comercialización y en base a los costos de producción sin depreciación.

### 2.4.2. Estimación de la rentabilidad

La rentabilidad se evalúa a partir de:

- La tasa interna de retorno (TIR), que tiene en cuenta el valor temporal del dinero invertido con el tiempo y está basado en la parte de la inversión que no ha sido recuperada al final de cada año durante la vida útil del proyecto. La tasa de retorno que se obtiene por este método es equivalente a la máxima tasa de interés que podría pagarse para obtener el dinero necesario para financiar la inversión y tenerla totalmente paga al final de la vida útil del proyecto. (Blank y Tarquin, 2006)
- El tiempo de repago, que es el mínimo periodo de tiempo teóricamente necesario para recuperar la inversión original en forma de flujo de caja del proyecto.

## 2.5. FORMULACIÓN ESTRATÉGICA

### 2.5.1. Administración estratégica

La administración estratégica se define como el arte y la ciencia de formular, implementar y evaluar decisiones multifuncionales que le permitan a una organización lograr sus objetivos. Como la misma definición implica, la administración estratégica se enfoca en integrar la administración, el marketing, las finanzas y la contabilidad, la producción y las operaciones, las actividades de investigación y desarrollo, así como los sistemas computarizados de información, para lograr el éxito de la organización. (David, 2008)

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

## Etapas de la administración estratégica

El proceso de administración estratégica consta de tres etapas: formulación, implementación y evaluación de la estrategia. La formulación de la estrategia incluye desarrollar la visión y la misión, identificar las oportunidades y amenazas externas para la organización, determinar las fortalezas y debilidades internas, establecer objetivos a largo plazo, generar estrategias alternativas y elegir las estrategias particulares que se habrán de seguir.

La implementación de la estrategia requiere que la empresa establezca objetivos anuales, formule políticas, motive a los empleados y destine recursos para llevar a la práctica las estrategias.

La evaluación de la estrategia es la etapa final de la administración estratégica. Los gerentes necesitan saber de inmediato que ciertas estrategias no están funcionando bien, y la evaluación de la estrategia es el principal medio para obtener esta información. Todas las estrategias son susceptibles a futuras modificaciones, ya que los factores tanto externos como internos cambian de manera constante.

Las etapas antes explicadas, se pueden observar en la Figura 3.

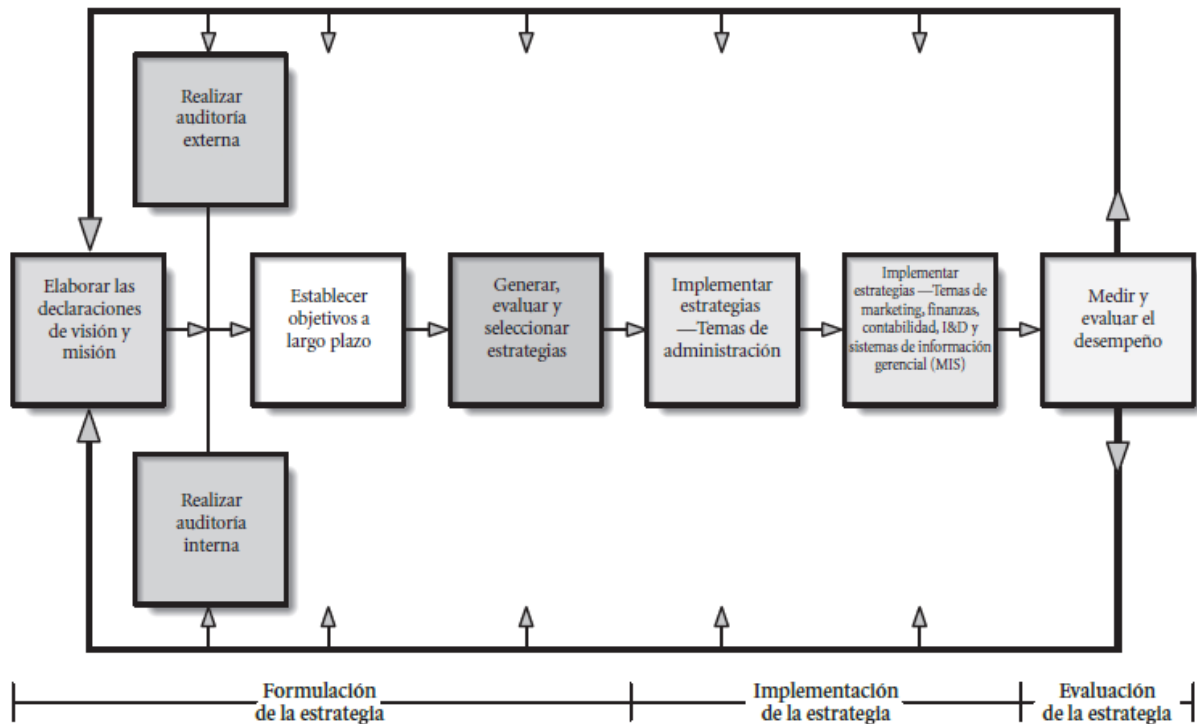


Figura 3: Modelo de la administración estratégica.

Fuente: Conceptos de administración estratégica (2008).



## 2.5.1.1 Visión y misión

Una declaración de visión debe responder a la pregunta básica “¿qué queremos llegar a ser?” Una visión clara provee los cimientos para desarrollar una amplia declaración de la misión.

La declaración de misión, que constituye una manifestación duradera del propósito que mueve a una organización y la distingue de otras empresas similares, es una declaración de la “razón de ser” de la organización. Responde a la pregunta central “¿cuál es nuestro negocio?” Una declaración clara de la misión resulta esencial para establecer objetivos y formular estrategias de la manera más eficaz.

Como se indicó en el modelo de administración estratégica, antes de poder formular e implementar estrategias alternativas, se necesita una declaración clara de la misión.

## 2.5.1.2 Auditoría externa

El objetivo de una auditoría externa es desarrollar una lista finita de oportunidades que podrían beneficiar a una empresa y de amenazas que ésta debería evitar. La auditoría externa no se enfoca en desarrollar una lista exhaustiva de todos los posibles factores que pudieran influir en la empresa; más bien, pretende identificar las variables clave que ofrecen respuestas factibles. Las empresas deben ser capaces de responder tanto ofensiva como defensivamente a los factores mediante la formulación de estrategias que aprovechen las oportunidades externas o reduzcan al mínimo el efecto de las posibles amenazas.

Las herramientas que se utilizaba para realizar la auditoría externa son: el modelo de las cinco fuerzas de Porter (**2.2.1. Análisis de las cinco fuerzas de Porter**) y la matriz de evaluación de factores externos (EFE).

## 2.5.1.3 Auditoría interna

Todas las organizaciones tienen fortalezas y debilidades en las áreas funcionales del negocio.

Ninguna empresa es igualmente fuerte o débil en todas las áreas. Las fortalezas y debilidades internas, junto con las oportunidades y amenazas externas y una declaración de misión sólida constituyen las bases para determinar objetivos y estrategias, los cuales se establecen con la intención de aprovechar las fortalezas internas y de superar las debilidades.

La herramienta utilizada para realizar la auditoría interna es la matriz de evaluación de factores internos (EFI).

## **2.5.1.4 Objetivos a largo plazo**

Los objetivos a largo plazo representan los resultados que se esperan al seguir ciertas estrategias.

Las estrategias representan las acciones que se deben tomar para lograr objetivos a largo plazo. El plazo para los objetivos y estrategias debe ser consecuente, normalmente de dos a cinco años.

Los objetivos deben ser cuantitativos, mensurables, realistas, comprensibles, desafiantes, jerárquicos, asequibles y congruentes entre las unidades de la organización. Cada objetivo debe asociarse también con un cronograma. Los objetivos comúnmente se establecen en términos como crecimiento de activos, de ventas, rentabilidad, participación de mercado, grado y naturaleza de la diversificación, grado y naturaleza de la integración vertical, ganancias por acción y responsabilidad social. Los objetivos establecidos claramente ofrecen muchos beneficios. Brindan dirección, permiten la sinergia, ayudan en la evaluación, establecen prioridades, reducen la incertidumbre, minimizan los conflictos, estimulan el esfuerzo y ayudan en la asignación de recursos y el diseño de puestos.

## **2.5.1.5 Análisis y selección de la estrategia**

El análisis y la elección de las estrategias buscan determinar las líneas alternativas de acción que ayuden a la empresa a alcanzar de la mejor manera su misión y sus objetivos. Las actuales estrategias, los objetivos y la misión de la empresa, junto con la información de las auditorías externa e interna, brindan una base para generar y evaluar posibles estrategias alternativas.

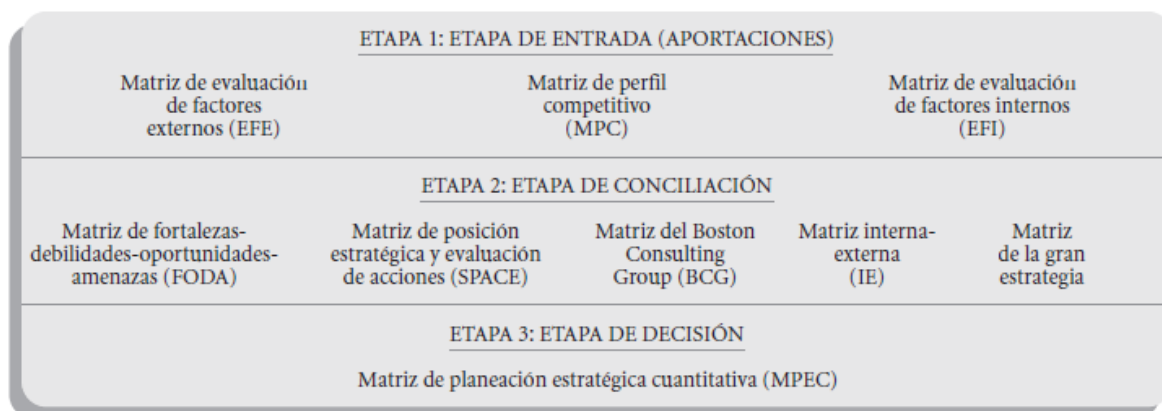
Las estrategias alternativas representen los pasos sucesivos que conduzcan a la empresa desde su estado actual a la situación futura deseada. Las estrategias alternativas no surgen de la nada como por arte de magia; se derivan de la visión, la misión, los objetivos y las auditorías interna y externa que realiza la empresa; son consistentes con las estrategias pasadas que han funcionado bien, o se desarrollan a partir de ellas.

Los estrategias jamás consideran todas las alternativas posibles que podrían beneficiar a la empresa, puesto que hay un número infinito de acciones posibles y de maneras de poner esas acciones en marcha. Por esa razón, se debe desarrollar un conjunto manejable de las estrategias alternativas más atractivas, y habrá que determinar las ventajas, las desventajas, las compensaciones, los gastos y los beneficios de tales estrategias.

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

## Esquema analítico de la formulación estratégica

Se pueden integrar las técnicas importantes de la formulación de estrategias en un esquema de tres etapas de toma de decisiones, como se muestra en la Figura 4:



**Figura 4: Esquema analítico de la formulación estratégica.**

**Fuente: Conceptos de administración estratégica (2008).**

La etapa 1 del esquema de formulación consiste en la matriz EFE, la matriz EFI y la matriz de perfil competitivo (MPC). Llamada etapa de entrada, la etapa 1 resume la información básica de entrada necesaria para formular las estrategias. La etapa 2, llamada etapa de conciliación, se enfoca en la generación de estrategias alternativas viables mediante la alineación de los principales factores externos e internos. Las técnicas de la etapa 2 incluyen la matriz fortalezas-debilidades-oportunidades-amenazas (FODA), la matriz de posición estratégica y evaluación de acciones (Strategic Position and Action Evaluation, SPACE), la matriz del Boston Consulting Group (BCG), la matriz interna-externa (IE) y la matriz de la gran estrategia. La etapa 3, llamada etapa de decisión, implica una sola técnica, la matriz de planeación estratégica cuantitativa (MPEC). Una MPEC utiliza información de entrada de la etapa 1 para evaluar objetivamente las estrategias alternativas posibles identificadas en la etapa 2. Una MPEC revela qué tan atractivas son las estrategias alternativas y constituye así la base objetiva para seleccionar estrategias específicas.

Para el presente trabajo se utilizan las siguientes técnicas para las respectivas etapas:

- Etapa de entrada: Matrices EFE y EFI
- Etapa de conciliación: Matriz FODA
- Etapa de decisión: MPEC

## Matriz EFE

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

Una matriz de evaluación de factores externos (EFE) permite resumir y evaluar información económica, social, cultural, demográfica, ambiental, política, gubernamental, legal, tecnológica y competitiva. (David, 2008)

Pasos para desarrollar la matriz EFE:

1. Elaborar una lista de factores externos clave, tanto las oportunidades como las amenazas que afectan a la empresa y a su industria.
2. Asignar una ponderación a cada factor que oscile entre 0 (no importante) y 1 (muy importante). La ponderación indica la importancia relativa de ese factor para tener éxito en la industria de la empresa. La suma de todas las ponderaciones asignadas a los factores debe ser igual a 1.
3. Asignar a cada factor externo clave una calificación entre 1 y 4 que indique qué tan eficazmente responden las estrategias actuales de la empresa.
4. Multiplicar la ponderación de cada factor por su clasificación para determinar una puntuación ponderada.
5. Sumar las puntuaciones ponderadas para cada variable con el fin de obtener la puntuación ponderada total para la organización.

La puntuación ponderada total más alta posible para una organización es 4 y la más baja 1. La puntuación ponderada total promedio es de 2,5. Una organización con una puntuación superior a la promedio indica que ésta aprovecha eficazmente las oportunidades existentes y minimiza los efectos negativos de las amenazas externas. Una organización con una puntuación inferior a la promedio indica que la organización no está aprovechando las oportunidades ni evitando las amenazas externas.

### Matriz EFI

La matriz de evaluación de factores internos (EFI) es una herramienta que resume y evalúa las fortalezas y debilidades importantes en las áreas funcionales de una empresa. (David, 2008)

Pasos para desarrollar una matriz EFI:

1. Elaborar una lista de los factores clave, incluyendo fortalezas y debilidades.
2. Asignar a cada factor una ponderación que abarque desde 0 (irrelevante) hasta 1 (muy importante). La ponderación asignada a un factor determinado indica su importancia relativa con respecto al éxito de la empresa en la industria. La suma de todas las ponderaciones debe ser igual a 1.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

3. Asignar a cada factor una calificación de 1 a 4 para indicar si representa una debilidad importante o una fortaleza importante.
4. Multiplicar la ponderación de cada factor por su clasificación para determinar un puntaje ponderado para cada variable.
5. Sumar los puntajes ponderados para cada variable con el fin de determinar el puntaje ponderado total de la organización.

El puntaje ponderado total puede abarcar desde un 1 hasta un 4, con un puntaje promedio de 2,5. Los puntajes ponderados totales por debajo del promedio caracterizan a las organizaciones que son débiles internamente, mientras que los puntajes superiores al promedio indican una posición interna fuerte.

### Matriz de fortalezas-debilidades-oportunidades-amenazas (FODA)

La matriz FODA es una importante herramienta de conciliación que permite relacionar factores externos e internos con el fin de identificar las estrategias a adoptar.

Hay cuatro tipos de estrategias (David, 2008):

- Estrategias FO (fortalezas-oportunidades): utilizan las fortalezas internas de una empresa para aprovechar las oportunidades externas.
- Estrategias DO (debilidades-oportunidades): tienen como objetivo superar las debilidades internas aprovechando las oportunidades externas.
- Estrategias FA (fortalezas-amenazas): utilizan las fortalezas de una empresa para evitar o reducir el efecto de las amenazas externas.
- Estrategias DA (debilidades-amenazas): son tácticas defensivas dirigidas a la reducción de las debilidades internas y a evitar las amenazas externas.

Hay ocho etapas implicadas en la elaboración de una matriz FODA:

1. Listar las oportunidades externas clave de la empresa.
2. Listar las amenazas externas clave de la empresa.
3. Listar las fortalezas internas clave de la empresa.
4. Listar las debilidades internas clave de la empresa.
5. Conciliar las fortalezas internas con las oportunidades externas y registrar las estrategias FO en la celda apropiada.
6. Conciliar las debilidades internas con las oportunidades externas y registrar las estrategias DO resultantes.
7. Conciliar las fortalezas internas con las amenazas externas y registrar las estrategias FA resultantes.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

8. Conciliar las debilidades internas con las amenazas externas y registrar las estrategias DA resultantes.

### Matriz de planeación estratégica cuantitativa (MPEC)

La matriz de planeación estratégica cuantitativa (MPEC) es una técnica analítica diseñada para determinar qué tan atractivas son las acciones alternativas viables. La MPEC utiliza los datos de entrada del análisis de la etapa 1 y los resultados del análisis de la etapa 2 para decidir objetivamente entre las estrategias alternativas. Conceptualmente, la MPEC determina el grado de atractivo relativo de varias estrategias según el grado en el que los factores críticos clave internos y externos de éxito se capitalizan o mejoran.

A continuación se enumeran los pasos para desarrollar una MPEC:

1. En una columna izquierda de la MPEC, anotar la lista de las oportunidades y amenazas externas, y las fortalezas y debilidades internas, extraídas de las matrices EFE y EFI.
2. Asignar ponderaciones a cada factor clave interno y externo. Estas ponderaciones son idénticas a las de la matriz EFE y la matriz EFI.
3. Examinar las matrices de la etapa 2 (de conciliación) e identifique las estrategias alternativas que la organización debería considerar poner en práctica, y registrarlas en la fila superior de la MPEC.
4. Determinar las puntuaciones del grado de atractivo (PA) definidas como valores numéricos que indican el grado de atractivo relativo de cada estrategia en un conjunto dado de alternativas. Estas puntuaciones se determinan mediante el examen de cada factor externo o interno, uno a la vez, y haciéndose la pregunta “¿Afecta este factor la elección de las estrategias que habrán de implementarse?” Si la respuesta a esta pregunta es sí, entonces las estrategias se deben comparar en relación con ese factor clave. Específicamente, las puntuaciones del grado de atractivo se deben asignar a cada estrategia para indicar el atractivo relativo de una estrategia sobre otras, considerando el factor particular. La escala para las puntuaciones del grado de atractivo es: 1 (no atractiva), 2 (poco atractiva), 3 (razonablemente atractiva) y 4 (muy atractiva). Si la respuesta a la pregunta anterior es no (lo que indica que el factor clave respectivo no tiene ningún efecto sobre la opción específica que se haga), entonces no se asignan puntuaciones del grado de atractivo a las estrategias del conjunto.
5. Calcular las puntuaciones totales del grado de atractivo (PTA). Las PTA se definen como el producto de multiplicar las ponderaciones (paso 2) por las puntuaciones del grado de atractivo (paso 4) de cada fila. Las PTA indican el grado de atractivo relativo de

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

cada estrategia alternativa, considerando solamente el efecto del factor adyacente crítico externo o interno de éxito. Cuanta más alta sea la puntuación total del grado de atractivo, más atractiva es la alternativa estratégica (considerando solamente el factor crítico del éxito adyacente).

6. Calcular la suma total de las puntuaciones del grado de atractivo de cada columna de la estrategia de la matriz MPEC. La suma total de las puntuaciones del grado de atractivo (STPA) revela qué estrategia es la más atractiva de cada conjunto de alternativas. La magnitud de la diferencia entre las sumas totales de las puntuaciones del grado de atractivo en un conjunto dado de alternativas estratégicas indica la conveniencia relativa de una estrategia sobre otra.

## 2.5.2. Estrategia comercial

### 2.5.2.1 Matriz de Ansoff

Para determinar la estrategia comercial a desarrollar, se utiliza la matriz de Ansoff (Figura 5). Según las características del producto y las condiciones del mercado, se establecerá la estrategia a implementar, y que dará origen a los lineamientos del mix de marketing.

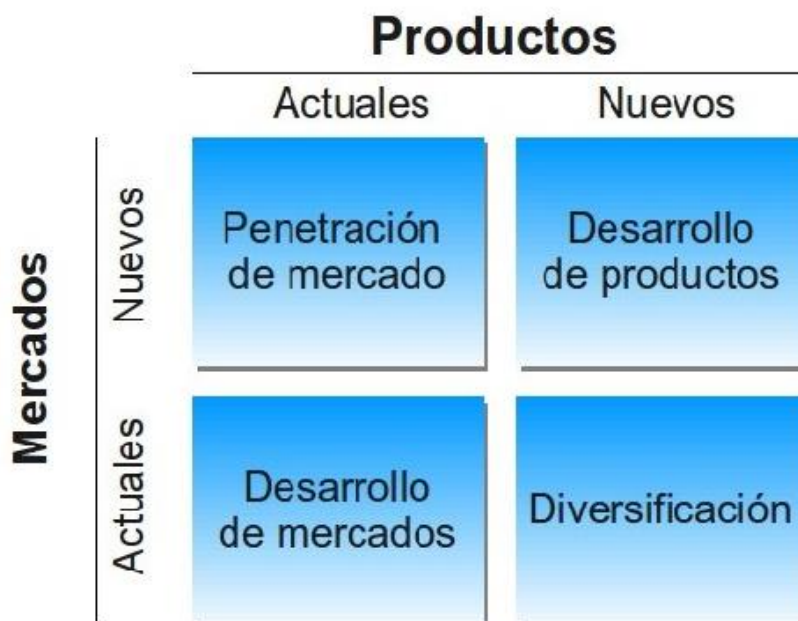


Figura 5: Matriz de Ansoff.

Fuente: Elaboración propia.

La matriz de Ansoff ayuda en la toma de decisiones sobre la expansión y el crecimiento estratégico de una empresa. Los tres primeros cuadrantes (penetración de mercado, desarrollo de productos y desarrollo de mercados) corresponden a estrategias de crecimiento, mientras que el último a estrategias de diversificación.

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

La matriz recomienda el siguiente orden de elección de la estrategia a implementar:

En primer lugar **penetración de mercado**, que consiste en intentar obtener una mayor cuota del mercado trabajando con los productos actuales en el mercado en el que se opera en la actualidad.

En segundo lugar, el **desarrollo de nuevos mercados**, donde se intenta ingresar a nuevos mercados con los productos actuales para agrandar el número de clientes objetivo.

En tercer lugar, el **desarrollo de nuevos productos**, que consiste en desarrollar nuevos productos para los mercados en los que opera en la actualidad. Los mercados están en continuo movimiento y, por lo tanto, en constante cambio. Es totalmente lógico que en determinadas ocasiones sea necesario el lanzamiento de nuevos productos, la modificación o actualización de productos, para satisfacer las nuevas necesidades generadas por dichos cambios.

En cuarto lugar, la **diversificación** consiste en estudiar si existen oportunidades para desarrollar nuevos productos que permitan atender a nuevos mercados.

## 2.5.2.2 Mix de marketing

Se llama mix de marketing al conjunto de herramientas tácticas controlables de marketing que la empresa puede combinar para producir una respuesta deseada en el mercado objetivo e influir en la demanda de su producto. Los cuatro componentes del mix de marketing son: producto, precio, distribución y comunicación. (Thompson, 2005)

El producto es el conjunto de atributos tangibles e intangibles que la empresa ofrece al mercado objetivo.

El precio es la cantidad de dinero que los clientes tienen que pagar por un determinado producto o servicio. Es la única variable que genera ingresos para la empresa.

La distribución incluye todas aquellas actividades que ponen el producto a disposición del mercado meta.

La comunicación abarca una serie de actividades cuyo objetivo es informar, persuadir y recordar las características, ventajas y beneficios del producto.

## 2.6. MARCO LEGAL

### 2.6.1. Reglamento CIRSOC 201-2005 “Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón”

Este Reglamento Nacional de Seguridad, establece los requerimientos mínimos para el diseño y construcción de las estructuras de hormigón sin armar, armado y



# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

pretensado, las que deben ser capaces de resistir las acciones previstas durante los períodos de construcción y de servicio, ofreciendo la seguridad adecuada al uso que se destinen durante su período de vida útil.

Para el presente trabajo tendrá especial interés el capítulo 6 del mencionado reglamento: “Sistemas de encofrados. Cañerías para la conducción de fluidos, incluidas en la estructura de hormigón”. Esta sección se puede observar en el capítulo **ANEXO I: 6.1.**

## **CAPÍTULO 6. SISTEMAS DE ENCOFRADOS. CAÑERÍAS PARA CONDUCCIÓN DE FLUIDOS, INCLUIDAS EN LA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN.**

### **2.6.2. Ley N° 11.459. Ley de Radicación Industrial**

Esta ley es de aplicación a todas las industrias ya establecidas, que se instalen, amplíen o modifiquen sus establecimientos o explotaciones dentro de la jurisdicción de la Provincia de Buenos Aires.

A los fines de esta ley, se entiende por establecimiento industrial a todo aquel donde se desarrolla un proceso tendiente a la conservación, reparación o transformación en su forma, esencia, calidad o cantidad de una materia prima o material para la obtención de un producto final mediante la utilización de métodos industriales.

Todos los establecimientos industriales deberán contar con el pertinente Certificado de Aptitud Ambiental como requisito obligatorio indispensable para que las autoridades municipales puedan conceder, en uso de sus atribuciones legales, las correspondientes habilitaciones industriales. Para tal fin, se debe categorizar la industria, y en su artículo 15° se definen estas categorías:

Primera categoría: que incluirá aquellos establecimientos que se consideren inocuos porque su funcionamiento no constituye riesgo o molestia a la seguridad, salubridad o higiene de la población, ni ocasiona daños a sus bienes materiales ni al medio ambiente.

Segunda categoría: que incluirá aquellos establecimientos que se consideran incómodos porque su funcionamiento constituye una molestia para la salubridad e higiene de la población u ocasiona daños a los bienes materiales y al medio ambiente.

Tercera categoría: que incluirá aquellos establecimientos que se consideran peligrosos porque su funcionamiento constituye un riesgo para la seguridad, salubridad e higiene de la población u ocasiona daños graves a los bienes y al medio ambiente.

### **2.6.3. Decreto 1741/96**

Este decreto permite determinar la clasificación (establecida por la Ley N° 11.459) de un establecimiento industrial de acuerdo con su Nivel de Complejidad Ambiental (N.C.A.).

El N.C.A. de un proyecto o establecimiento industrial queda definido por:

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

- La clasificación de la actividad por rubro (Ru), que incluye la índole de las materias primas, de los materiales que manipulen, elaboren o almacenen, y el proceso que desarrollen.
- La calidad de los efluentes y residuos que genere (ER).
- Los riesgos potenciales de la actividad: incendio, explosión, químico, acústico y por aparatos a presión que puedan afectar a la población o al medio ambiente circundante (Ri).
- La dimensión del emprendimiento, considerando la dotación de personal, la potencia instalada y la superficie (Di).
- La localización de la empresa, teniendo en cuenta la zonificación municipal y la infraestructura que posee (Lo).

El N.C.A. se expresa por medio de una ecuación polinómica de cinco términos (1):

$$N.C.A. = Ru + ER + Ri + Di + Lo \quad (1)$$

De acuerdo a los valores del N.C.A. las industrias se clasificarán en:

- PRIMERA CATEGORÍA: hasta 11.
- SEGUNDA CATEGORÍA: más de 11 y hasta 25.
- TERCERA CATEGORÍA: mayor a 25.

Para determinar el valor de cada término se debe seguir el procedimiento del capítulo **ANEXO III: 6.3. FÓRMULA PARA LA CATEGORIZACIÓN DE INDUSTRIAS.**

### **2.6.4. Ley N° 11.723. Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales**

Todo emprendimiento que implique acciones u obras que sean susceptibles de producir efectos negativos sobre el ambiente y/o sus elementos debe contar con una evaluación de impacto ambiental previa.

Una vez categorizado el emprendimiento, y no tratándose de un establecimiento de 1º Categoría, el interesado deberá presentar, ante la Autoridad de Aplicación o el Municipio según corresponda, una Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A.) del mismo. Los establecimientos clasificados en la 1º Categoría de acuerdo con su N.C.A., estarán exceptuados de realizar y presentar la Evaluación de Impacto Ambiental para la obtención del Certificado de Aptitud Ambiental correspondiente.

La Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A) es el procedimiento destinado a identificar e interpretar, así como prevenir, las consecuencias o efectos que acciones o proyectos públicos o privados, puedan causar al equilibrio ecológico, al mantenimiento de la calidad de vida y a la preservación de los recursos naturales existentes.

### III. DESARROLLO

#### 3.1. ESTUDIO DE MERCADO

Se define el tipo de encofrado que comercializará la empresa, siendo que los mismos pueden ser clasificados según la terminación obtenida en el hormigón de la estructura, la vida útil o la cantidad de usos que permite, y el material con el que es fabricado.

Se pretende que el encofrado que comercialice la empresa: tenga la mayor vida útil posible para reducir la cantidad de desperdicios generados en la obra y las acciones que ellos originan; tenga un proceso de fabricación que pueda ser estandarizado e industrializado para reducir tiempos muertos, fabricar productos idénticos y reducir el amontonamiento de actividades dentro del lugar de la obra; y que los resultados en la terminación de las estructuras de hormigón sean de alta calidad, es decir, lograr hormigón visto.

##### 3.1.1. Descripción del producto: encofrado metálico

El encofrado modular metálico es un sistema de elaboración industrial para la conformación de columnas de hormigón armado. Este sistema de encofrado reúne una serie de características intrínsecas del material, como lo son la posibilidad de generar superficies lisas en el hormigón sin la necesidad de realizar un trabajo posterior al desencofrado o la cantidad de usos que el mismo ofrece, sin deteriorar la calidad de su terminación. Por otro lado, el sistema cuenta con características derivadas de su diseño, como la posibilidad de un armado rápido y simple o de generar distintos tamaños de columnas con un número relativamente pequeño de piezas distintas (modulación). Este sistema constructivo está compuesto por:

- Placas principales: permiten cubrir la mayor parte de la superficie de la columna. Se presentan tres placas distintas, de 20, 25 y 30 cm de ancho, y 2 m de altura. Estas placas poseen refuerzos transversales cada 40 cm para evitar la deformación del molde, y un dobléz de 5 cm por todo su perímetro con perforaciones en las que se alojan las cuñas y así poder ensamblar varias piezas.

En la Figura 6 se puede observar una placa principal.



Figura 6: Placa principal.

Fuente: [http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-28\\_03-24-08103250.pdf](http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-28_03-24-08103250.pdf)

- Placas complementarias: permiten ajustar la altura de las placas principales a la altura de la columna a construir, permitiendo así variar las longitudes a encofrar. Se presentan nueve palcas distintas, de 20, 25 y 30 cm de ancho, cada una en alturas de 20, 25 y 30 cm. Poseen un doblé de 5 cm por todo su perímetro con perforaciones en las que se alojan las cuñas y así poder ensamblar varias piezas.

En la Figura 7 se puede observar una placa complementaria.

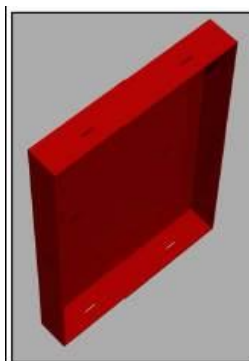


Figura 7: Placa complementaria.

Fuente: [http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-28\\_03-24-08103250.pdf](http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-28_03-24-08103250.pdf)

- Perfil L: permiten vincular lateralmente las distintas placas, tanto principales como complementarias. Por esto, se presentan en longitudes de 2 m, 20 cm, 25 cm, y 30 cm.

En la Figura 8 se puede observar un perfil L.

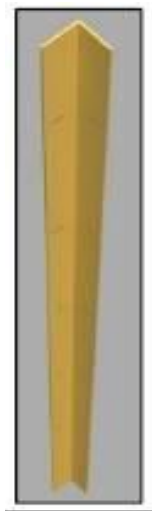


Figura 8: Perfil L.

Fuente: [http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-28\\_03-24-08103250.pdf](http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-28_03-24-08103250.pdf)

- **Cuñas:** piezas de forma trapezoidal que garantizan que los elementos del encofrado se mantengan unidos. Existen cuatro tipos de conexiones: placa principal – ángulo, placa complementaria – ángulo, placa principal – placa principal y placa principal – placa complementaria.

En la Figura 9 se pueden observar diferentes usos de cuñas. A la izquierda se unen dos placas principales, en la del centro se unen una placa principal y un perfil L y en la de la derecha se unen una placa principal y una complementaria.



Figura 9: Cuñas.

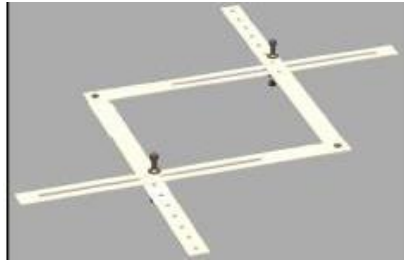
Fuente: [http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-28\\_03-24-08103250.pdf](http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-28_03-24-08103250.pdf)

- **Zunchos o corbatas:** piezas en forma de L que brindan refuerzo en las zonas de la columna de mayor presión debidas a la presencia del hormigón. Mediante un sistema de perforaciones y pernos, se pueden ajustar a las medidas de la columna.

En la Figura 10 se puede observar un zuncho.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---



**Figura 10: Zuncho o corbata.**

**Fuente:** [http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-28\\_03-24-08103250.pdf](http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-28_03-24-08103250.pdf)

El sistema de conexión de los distintos elementos permite lograr un encofrado de una forma segura, rápida y simple. Los obreros de la construcción no requieren de una gran formación previa para lograr un encofrado que genere una columna de alta calidad.

La utilización de las placas modulares admite la posibilidad del armado de un gran número de columnas de diversos tamaños, lo que demuestra la flexibilidad de este sistema de encofrado. No solo se pueden armar columnas de las medidas de las placas simples (por ejemplo 20 x 20 cm, 30 x 30 cm, 20 x 25 cm, etc.), sino que éstas se pueden acoplar para generar otros tamaños. Por ejemplo si se desea construir una columna de 40 x 45 cm, el sistema permite ensamblar dos paneles de 20 cm, y trabajar como si se tuviera uno de 40 cm. De la misma forma ensamblando uno de 20 cm y otro de 25 cm se obtiene un encofrado de 45 cm. De esta forma se puede optar por las distintas combinaciones de medidas para alcanzar la requerida para la obra y, de igual forma, se pueden generar las distintas alturas al acoplar los complementos al panel principal.

En la Figura 11 se puede observar un sistema de encofrado armado y, en la imagen derecha, cómo pueden acoplarse varios encofrados para lograr diferentes dimensiones para una columna de hormigón.

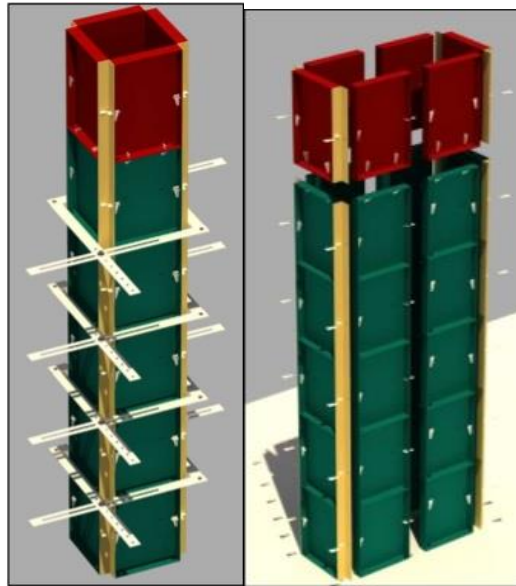


Figura 11: Ejemplo de armado de encofrado.

Fuente: [http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-28\\_03-24-08103250.pdf](http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-28_03-24-08103250.pdf)

### 3.1.2. Comparación con encofrados fabricados con otro material

En la Tabla 2 se presentan las características de los diferentes tipos de encofrados respecto a los aspectos que se consideraron importantes para la selección y se mencionaron en el capítulo 2.1.3. **Clasificación de los encofrados.**

Tipos de encofrados	Número de usos	Proceso de fabricación	Terminación
De madera	10 -15	Manual	Buena (hasta 4 usos)
Metálicos	1500	Requiere de equipos	Excelente
Plásticos	100	Requiere de equipos	Excelente
De cartón	1	Requiere de equipos	Mala
De aluminio	1500	Requiere de equipos	Excelente

Tabla 2: Selección del tipo de encofrados.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que, tanto los encofrados metálicos como los de aluminio son los que cumplen de mejor forma con los requerimientos relevantes. La principal diferencia entre éstos es que el de aluminio es más liviano, lo que puede representar una característica muy importante y deseada, pero a la vez es un material más costoso.

A partir del contacto con proveedores de encofrados plásticos, de calidad de terminación similar a los metálicos, se determinó que el precio promedio de los mismos es de 1200 US\$. El mismo se tomará en cuenta para la estimación del precio de venta de los encofrados metálicos, debido a su semejanza en cuanto a las características que ofrecen.

El armado de encofrados tradicionales a partir de planchas de madera o fenólicos genera una gran pérdida de productividad debido a diversos motivos:

- Pérdidas de tiempo en la interpretación de planos, por parte del personal de obra, para la determinación de las medidas necesarias del corte en las planchas de madera.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

- Pérdidas de tiempo en la selección y preparación de los materiales, herramientas y equipos. Además de las placas de madera, otros elementos necesarios en la elaboración de encofrados son los refuerzos (que se colocan horizontalmente para reducir deformaciones en el encofrado debido a la presión ocasionada por el hormigón fresco), clavos de diferentes medidas (para la unión de las distintas partes), desencofrante (para evitar que el hormigón se adhiera a la madera), tiza, hilo y alambre. A su vez, las herramientas requeridas son cinta métrica, nivelador, martillo de uña, serrucho, pinza, escuadra, tenaza, taladro y cierra eléctrica.

Costos logísticos asociados al punto anterior:

- Pérdidas de tiempo en el armado del molde y en la colocación de los refuerzos (aproximadamente 20 min para columnas de 2,7 m de altura).
- Pérdidas de tiempo en la verificación de la forma, medidas, niveles y estabilidad del encofrado.
- A su vez, estos tiempos conllevan costos asociados, que se multiplican por la cantidad de columnas que pudiera tener una obra. Además, se deben tener en consideración los costos por desperdicios por recortes inutilizados de la plancha de madera, el manejo de los desechos (partes de encofrados que no pueden seguir siendo utilizados), los costos por trabajos lentos y por los costos por rehacer trabajos (al ser un trabajo del tipo artesanal, la experiencia del trabajador es un factor de importancia en estos aspectos y que condiciona fuertemente la productividad).
- Por último, cabe mencionar que la gran cantidad de elementos presentes en la obra y el espacio requerido para el trabajo de las planchas de madera hasta armar el encofrado final interfieren en el desarrollo de la construcción, entorpeciendo la organización del trabajo y el orden y la limpieza general de la misma.

El sistema de encofrado modular metálico busca acercar más el concepto del PPM al sector de la construcción para reducir los efectos antes mencionados, derivados del armado tradicional de encofrados, y con el objetivo de mejorar la productividad y las condiciones de trabajo en la obra.

### **3.1.3. Análisis de las cinco fuerzas de Porter**

Para analizar el entorno dentro del cual se desenvolverá la organización se utiliza el modelo de las cinco fuerzas de Porter (Porter, 1980). Se procede a evaluar el comportamiento de cada uno de los actores principales.

#### Rivalidad entre competidores

El mercado está compuesto por empresas ubicadas en Argentina que se dedican a la venta y/o alquiler de sistemas de encofrado que ofrezcan posibilidades similares a las del encofrado modular metálico, ya sea modularidad, repetitividad de usos o facilidad y rapidez



## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

de armado. Una característica que comparten estas organizaciones es que no fabrican sus productos, sino que son distribuidoras de productos importados, generalmente europeos.

Los sistemas de encofrados de alta calidad de acabado y modulares, que se consideran en este apartado se encuentran en etapa de introducción en el mercado argentino.

Entre las organizaciones que se consideran rivales directos se encuentran:

- SENICM es la empresa representante de Maquiobras S.A España en Argentina. Esta organización ofrece dos tipos de encofrados modulares distintos, uno a base de paneles fenólicos y otro metálico.

El primero se arma a partir de paneles fenólicos de 12 mm de espesor unido a un bastidor metálico de acero reforzado que actúa como soporte.

El sistema de unión se realiza mediante una llave de rosca. Posee la ventaja de la unión rápida de los paneles y de ser relativamente livianos (32 kg). Sin embargo, tiene el inconveniente de tener que ir cambiando la plancha fenólica con cierta frecuencia para mantener una constancia en la calidad de la columna armada.

El segundo es un sistema de encofrado formado por placas metálicas que permiten la construcción de columnas, desde un mínimo de 25 cm hasta un máximo de 45 cm. La unión de los elementos se lleva a cabo con un bulón y una cuña. Los paneles vienen con orificios graduados cada 5 cm donde se alojan los bulones, permitiendo así ajustarse a las distintas medidas. La desventaja que posee este sistema es su ajuste en altura.

Las alturas mínimas que tienen estos paneles son 1,25 m y 2,5 m, por lo cual es la columna la que se debe acomodar al tamaño del panel y no al revés, ya que se pueden armar columnas de 1,25 m, 2,5 m o 3,75 m (empalmado dos paneles) pero hay una gran cantidad de medidas intermedias que no se pueden realizar.

SENICM es la única empresa que provee este tipo de tecnología que se encuentra localizada en la ciudad de Mar del Plata.

- ULMA Construcciones y PERI S.A. Argentina venden sistemas de encofrados similares a los que comercializa SENICM. Se trata de los de planchas de fenólicos con bastidor metálico. Ambos también son de origen español. Tienen el mismo principio de manejo y ensamble.
- El encofrado plástico es otra tecnología que aborda la problemática de la construcción modular hoy en día. Dentro de las empresas que comercializan este tipo de encofrados son Sinis S.R.L y ConcretPlast S.A. Estas organizaciones ofrecen los mismos productos: el sistema Geotub, el Geotub Panel y el Geopanel Star (todos de origen Italiano). El Geotub, es un sistema de encofrado plástico reutilizable para columnas cilíndricas de hormigón.

El Geotub Panel, es un sistema de encofrado modular (en altura) para columnas cuadradas y rectangulares.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

El Geopanel Star, es similar al último pero además permite, con un mismo panel, adaptarse a distintas secciones de columnas.

Todos son fabricados a partir de la extrusión de plástico ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) para reemplazar los paneles de madera, y son muy livianos y de fácil utilización. Generan un acabado muy bueno y tienen una vida útil de aproximadamente 100 usos.

- Concreto Modelado S.A. es la representante en Argentina de la empresa estadounidense Wall-Ties & Forms. Se dedica a la fabricación de encofrados de aluminio modulares, manuable y de rápido armado.

Esta empresa ofrece dos alternativas a elección del cliente, un encofrado modular, como por ejemplo el de Geotub, o un encofrado personalizado. Este último, se fabrica acorde con las necesidades de la construcción llevada a cabo por el cliente, es decir, éste se dirige a la empresa con el plano de la obra y ellos le fabrican el encofrado necesario, en cantidad y tamaño, de acuerdo a ella. Esto es especialmente de utilidad cuando se piensa en la construcción en serie de obras idénticas o una edificación de varios pisos con la misma arquitectura.

### Competidores potenciales

Se trata de aquellas empresas que potencialmente pueden ingresar al mercado, ofreciendo productos similares. Analizar esta situación permite anticiparse a su ingreso, y así formular estrategias que nos permitan fortalecer las barreras de entrada o hacer frente a los competidores que llegan a entrar.

Se identifica como competidores potenciales a las empresas existentes o nuevos emprendedores que cuenten con conocimientos en materiales y efectos generados en ellos por la presencia de distintas cargas y tensiones, estáticas y dinámicas, es decir, conceptos de ingeniería en materiales, mecánica o civil. Ellos tendrían la capacidad de mejorar los encofrados existentes o desarrollar nuevos y mejores diseños, siendo igual de efectivos pero más económicos, livianos o más simples de producir, incluso mediante la utilización de nuevos materiales no utilizados hasta el momento. Su barrera de entrada sería el capital o la obtención del crédito necesario para la adquisición de la maquinaria.

A la competencia antes mencionada, se puede sumar a las grandes empresas que, por las actividades que realizan actualmente, cuentan con los equipos necesarios para poder afrontar la fabricación de los distintos tipos de encofrados; o empresas existentes que se dedican a proveer productos, materiales y elementos para la construcción. Dentro de las primeras, se pueden mencionar fábricas metalúrgicas, que cuentan con máquinas dobladoras, cizallas o soldadoras (por ejemplo, SICA Metalúrgica Argentina, L.A.H. o Metalúrgica Degiorgis S.A.), y empresas que se dedican al trabajo de los plásticos ABS, que cuentan con extrusoras (por ejemplo, Inyectora Ferre o Master Plastic S.R). Estas

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

organizaciones cuentan con los equipos y la experiencia en el trabajo con los materiales mencionados, por lo que no requerirían de una inversión en la compra de los mismos para comenzar a fabricar encofrados. Su barrera de entrada sería la obtención del diseño del encofrado. Las segundas, las empresas sumergidas en el sector de la construcción, si bien no cuentan necesariamente con los equipos que se requieren para fabricar estos tipos de encofrados, poseen acceso a importantes canales de distribución y, en algunos casos, cuentan una imagen de marca que es reconocida por los clientes.

### Productos sustitutos

Se hace referencia a los productos alternativos que buscan satisfacer necesidades similares a las de los productos en estudio. La presencia de estos productos suele establecer un límite al precio que se puede cobrar por un producto. Analizar la amenaza de los productos sustitutos permite formular estrategias para competir con ellos.

Los sustitutos al encofrado modular metálico consisten en los encofrados tradicionales armados a partir de planchas de madera o de madera laminada con una capa de material fenólico (tradicionalmente conocido como fenólico). La diferencia entre estos dos es que en la primera, la madera, y todas sus imperfecciones naturales, están en contacto directo con el hormigón, dejando una muy mala terminación en el mismo requiriendo de un trabajo posterior al desencofrado. En las placas fenólicas esta situación no sucede debido a la capa aplicada. Sin embargo, la misma se va desgastando al entrar en contacto con el hormigón, y a los pocos usos se obtiene un resultado en el hormigón que requiere de un retrabajo, además de ser más costosa.

En la Figura 12 se pueden observar la calidad de las terminaciones logradas con un encofrado de madera (en la izquierda de cada imagen), en comparación con la terminación lograda con un encofrado fenólico en sus primeros usos, similar al obtenido con un encofrado metálico (a la derecha de cada imagen).



**Figura 12: Terminación de encofrados de madera.**

**Fuente:** <https://prezi.com/jmvuzjz2nsey/encofrado-modular-plastico/>

En el mercado hay una gran variedad de maderas que pueden ser utilizadas para la elaboración de encofrados, cada una con características diferentes (peso, dureza, rigidez,

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

nivel de absorción de agua, durabilidad, etc.): roble, nogal, cerezo y olmo (maderas duras), álamo y abedul (maderas blandas), por ejemplo.

A pesar de las calidades de terminación logradas con este tipo de encofrados y de todos los inconvenientes que conlleva su utilización, como el aumento en el tiempo de armado, el aumento de los costos asociados, los retrabajos, los desperdicios, la corta vida útil y el desorden que genera en el lugar de la obra, existe aún la costumbre en el sector de la construcción de seguir utilizándolos y de trabajar con esta metodología. Se trata de un mercado que es muy conservador y reacio a los grandes cambios en la forma de trabajo. Por este motivo, hay una competencia muy fuerte entre el encofrado tradicional de madera y sus alternativas, dentro de las cuales se encuentra el encofrado metálico en estudio.

En la actualidad existe una gran oferta de paneles de madera y fenólicos por parte, tanto, de empresas grandes y como pequeñas, locales o nacionales. Dentro de las mencionadas se pueden nombrar: Fenólicos Tulli Hermanos. S.A., Maderera J.B. Justo, Maderera San Francisco, LAR placas y maderas, Forestal Sáenz Peña, Maderera Misiones S.A., entre otras ubicadas solamente en la ciudad de Mar del Plata.

### Poder de negociación de los proveedores

El poder de negociación de los proveedores hace referencia al poder con que ellos cuentan para aumentar el precio de sus productos o servicios y la posibilidad de ser menos concesivos. A partir de este análisis se podrán formular estrategias destinadas a reducir su poder de negociación, y así lograr mejores condiciones o un mayor control sobre ellos.

La principal materia prima que es requerida para la elaboración de los encofrados es la chapa de acero, debe ser plana y tener un espesor de 3 mm.

En el mercado se encuentran disponibles diversas empresas que se dedican a la distribución de las planchas o chapas de acero, la mayoría laminadas en la empresa Ternium S.A., lo que asegura una buena consistencia en la calidad de la materia prima. Dentro de estas empresas, se pueden nombrar: Casa Nano S.A., Hierros SL S.R.L., Aceros Cipton, Hierros Ratti, Hierros Torrent S.A., Casider S.A. o Centrosider, esta última localizada en la ciudad de Mar del Plata.

Al existir varios proveedores posibles, su poder de negociación se ve reducido. Esto se debe a que hay una oferta importante con respecto a esta materia prima. Además, al ser la mayoría distribuidoras de las chapas de Ternium S.A., no hay un costo elevado al cambiar de la materia prima de un proveedor a la de otro. La única variación puede darse en el costo logístico, el cual será el principal criterio de decisión para la selección del mismo.

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

## Poder de negociación de los clientes

El poder de negociación de los clientes está referido a la capacidad con que ellos cuentan para influir en el mercado para obtener mejores precios e imponer condiciones. El análisis del poder de negociación de los consumidores permite formular estrategias destinadas a reducir su poder de negociación, y así captar un mayor número de clientes u obtener una mayor lealtad de éstos.

La industria de la construcción está formada por grandes empresas que pueden dedicarse a construir edificios, complejos de alojamiento, barrios privados o realizar grandes obras, tanto públicas como privadas. Pero también la conforman pequeñas empresas o individuos, que realizan trabajos a menor escala. Los encofrados son utilizados por todos ellos, sin embargo el tipo a seleccionar depende de cada obra: del tamaño, las condiciones ambientales, terminaciones deseadas o de una restricción de costos.

Entre las grandes empresas constructoras se encuentran:

- Consca: que se dedica a la ejecución de obras públicas y privadas, por ejemplo participó en la edificación de los edificios Linehouse Güemes y Linehouse Catamarca, remodelación y ampliación del banco Credicoop ubicado en 12 de Octubre 3599, y actualmente participa en la remodelación de la Clínica Colón.
- Coarco S.A.: en cuyos antecedentes se registran por ejemplo la nave industrial de Pepsico, el Museo MAR, el laboratorio farmacéutico Tecsolpar, y actualmente se encuentran trabajando en las obras de la ex terminal de ómnibus de la ciudad. (Coarco S.A., 2015)
- Estevez e Hijos S.A.: con participación en las remodelaciones de la Facultad de derecho, en la Base Naval y obras en el Correo Argentino. (Estevez e Hijos S.A., 2015)
- IMASA: con participación en la edificación de la nueva terminal de ómnibus, remodelaciones en los hoteles Hermitage y Sheraton, edificación en el barrio privado Rumencó. (IMASA, 2015)

A este tipo de empresas que trabajan en varias obras y de gran tamaño, puede resultarles atractivo adquirir el encofrado metálico debido a las ventajas previamente mencionadas a partir de las características del material y el aprovechamiento de la modularidad del sistema. Además, este tipo de empresas tienen la posibilidad de amortizar la alta inversión inicial en el encofrado debido al ritmo y cantidad de usos que pueden hacer del mismo.

La necesidad por parte de las empresas constructoras de realizar una fuerte inversión inicial en el encofrado metálico puede significar un elemento que aumente el poder de negociación de los mismos.

### 3.1.4. Estudio de demanda

Al tratarse de un nuevo concepto de encofrados modulares, las empresas competidoras directas se encuentran en etapa de introducción con diferentes diseños (encofrados plásticos o metálicos).

Para realizar un análisis de demanda que permita pronosticar el comportamiento del producto en etapa de introducción, se considera la demanda derivada de un producto sustituto que se encuentre ya establecido, como por ejemplo los paneles fenólicos. Por otra parte, el mercado objetivo será el de los productos sustitutos dado que son los que atienden todo el sector.

No existe un registro de demanda histórica de los productos sustitutos que comprenda la totalidad del sector, por lo tanto se realiza el siguiente razonamiento:

Por medio de datos históricos del INDEC, se conoce la cantidad de m<sup>2</sup> de superficie cubierta que fue autorizada para la actividad de la construcción. Es posible, a partir de dicha información, estimar el número de columnas que se edifican anualmente considerando información acerca de conceptos arquitectónicos y diseño estructural. Conocida la cantidad de columnas que se edifican anualmente, y considerando la vida útil de productos sustitutos, se puede estimar la cantidad de encofrados que se comercializan anualmente.

A continuación se presenta el análisis de demanda completo:

La cantidad de permisos de edificación (INDEC, 2015), indica la superficie cubierta construida y autorizada en m<sup>2</sup> en 42 municipios y a nivel nacional, desde el año 1991 al 2014.

Se detecta que los municipios que presentan una mayor actividad de la construcción son (en promedio en el período considerado): la Ciudad de Buenos Aires (23,07% del total del país), Ciudad de Córdoba (10,58%), La Matanza (4,66%), Ciudad de Salta (4,12%), General Pueyrredón (3,91%).

Como conclusión, se evidencia que más de un 30% de la actividad de la construcción se desarrolla en la Provincia de Buenos Aires y en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. En la Tabla 3 se muestra la cantidad superficie habilitada para edificar (en m<sup>2</sup>) a nivel nacional desde el año 1991 al año 2014.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Periodo	Nación
1991	4434045
1992	5808618
1993	5696145
1994	7892210
1995	6141409
1996	5982389
1997	6910356
1998	7792758
1999	6532864
2000	6290588
2001	4990101
2002	3037571
2003	4985864
2004	5796241
2005	7847812
2006	9546279
2007	9617613
2008	9635081
2009	8182930
2010	7934473
2011	8190275
2012	8008853
2013	7856269
2014	8087246

**Tabla 3: Permisos de edificación por m<sup>2</sup>.**

**Fuente: Elaboración propia en base a datos del INDEC (2015).**

Se elabora un pronóstico con la superficie total de los permisos de edificación en el periodo de tiempo comprendido entre los años 2015 y 2019. Para tal fin, se utiliza el complemento para Excel denominado Crystal Ball. Utilizando la serie histórica de datos, el programa realiza pronósticos a través de distintos algoritmos y selecciona como el mejor método a aquel presenta el menor error seleccionado, en este caso el error porcentual absoluto medio (MAPE). Para el caso analizado el método utilizado es el suavizado exponencial doble. En la Tabla 4 se pueden apreciar los resultados obtenidos.

Periodo	Nación [m <sup>2</sup> ]
2015	8090609
2016	8094200
2017	8097790
2018	8101380
2019	8104971

**Tabla 4: Pronóstico de permisos de edificación en m<sup>2</sup> para el periodo 2015-2019.**

**Fuente: Elaboración propia.**

En la Figura 13 se puede observar la evolución de la demanda y las proyecciones para el período 2015-2019. A partir de la crisis del año 2001 y los efectos de la misma en los años siguientes, no se considera el período 2001-2004 para la elaboración del pronóstico.



# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

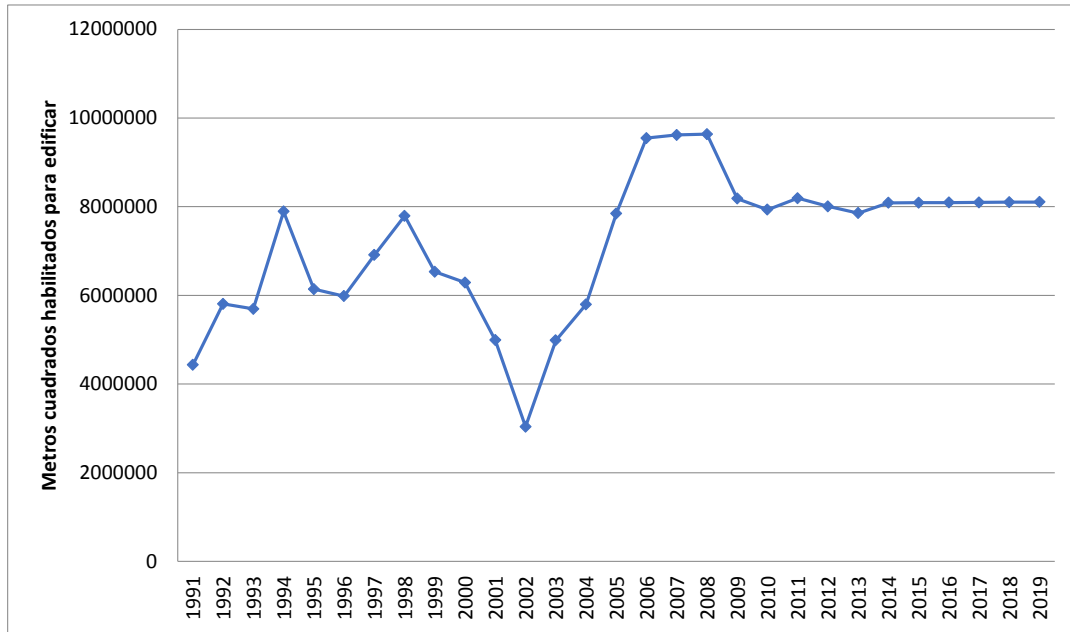


Figura 13: Gráfico de m<sup>2</sup> habilitados para edificar anuales.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 14 se puede observar los valores anuales del ISAC. El mismo permite contemplar la evolución porcentual del sector desde el año 1993 hasta el 2014, tomando como valor base el del año 2004 (100%).

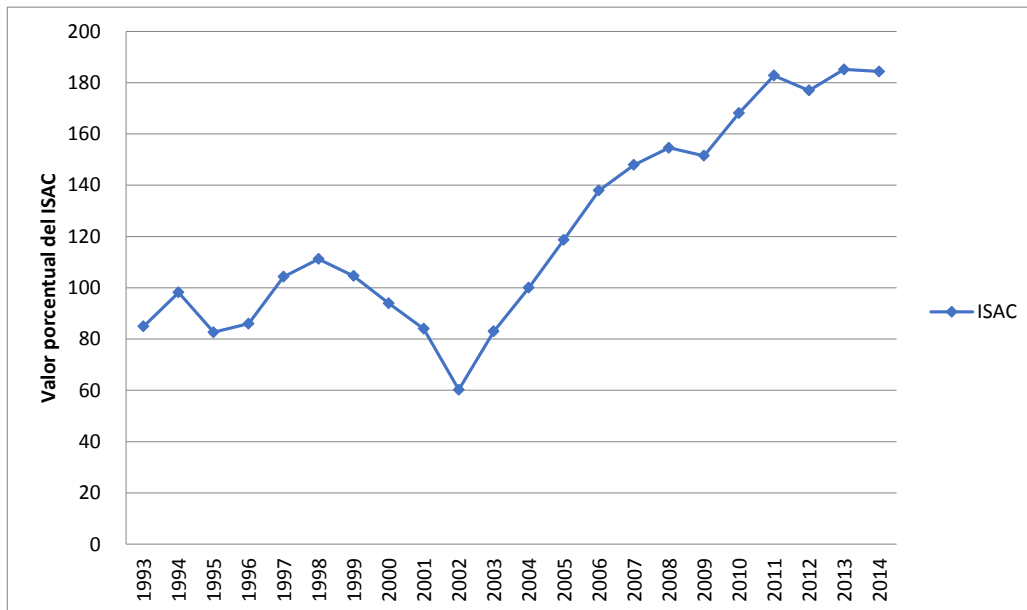


Figura 14: Serie histórica del ISAC.

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INDEC (2015).

Se puede apreciar que la situación económica del país tiene una fuerte influencia sobre la decisión de edificar o no. Entre el año 2001 y 2002 se produce una caída importante de la actividad, coincidente con la crisis económica y social que atraviesa Argentina. A partir de ella se produce un fenómeno, en el que el sector experimenta siete años de crecimiento de más de un 15% promedio por año. En el año 2009, se estanca el



## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

sector, e incluso se produce una pequeña baja, en simultáneo con la crisis financiera internacional. A partir de entonces, la construcción se recuperó, tuvo un pequeño crecimiento, y en los últimos años, se mantuvo constante. En forma general, se puede decir que el sector tiene una tendencia al crecimiento que se mantendrá siempre y cuando la situación del país lo favorezca.

Adicionalmente se realiza un pronóstico de la evolución del índice ISAC para el mismo período de tiempo utilizando nuevamente el programa Crystal Ball. En la Tabla 5 se puede apreciar dicha proyección, que utiliza como método el suavizado exponencial doble, con un MAPE de 8,10%. La misma indica un crecimiento sostenido del sector de un 5% anual, lo que significa un escenario favorable para la introducción del producto.

Año	ISAC
2015	190
2016	195
2017	200
2018	206
2019	211

**Tabla 5: Proyección del ISAC.**

**Fuente: Elaboración propia, en base a datos del INDEC (2015)**

Para obtener la demanda derivada en unidades de encofrados metálicos, se determina el número de columnas promedio por unidad de superficie a partir de consideraciones teorico-prácticas. El valor de la distancia entre apoyos o columnas de hormigón en la práctica se encuentra entre 3 m y 5 m. Si fuese menor a 3 m la estructura estaría sobredimensionada; y por encima de los 5 m debería aumentarse el espesor de las vigas o cambiar de material por uno más resistente, lo cual significa un costo mayor frente a los que implica agregar otra columna.

En base a recomendaciones de arquitectos y profesionales del sector, se considera para el análisis una distancia entre columnas de 4 m, lo cual significa que se requerirían 4 columnas de hormigón para abarcar una superficie de 16 m<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta dicha consideración se introduce un factor de aproximación de 0,25 (columnas de hormigón por m<sup>2</sup>), el cual se multiplica por la superficie total de los permisos para edificación de la Tabla 3, y se obtiene la cantidad de columnas de hormigón que se edificarán por año, que se puede observar en la Tabla 6.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

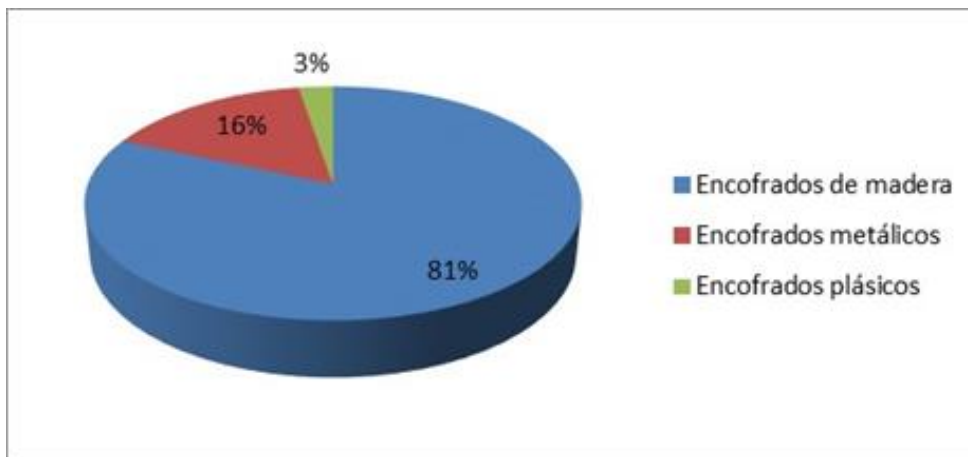
Año	Columnas estimadas
2015	2022652
2016	2023550
2017	2024447
2018	2025345
2019	2026243

**Tabla 6: Cantidad de columnas que se edificarán por año.**

**Fuente: Elaboración propia.**

Esta demanda proyectada de columnas, a su vez, actualmente puede ser atendida a partir de los encofrados de los distintos materiales (madera, metálicos o plásticos), debido a que se considera que un determinado porcentaje del mismo está evaluando nuevos tipos de encofrados. Sin embargo, se busca captar aquellos clientes que actualmente utilizan los de madera ya que los que emplean los de los otros materiales, ya han realizado una fuerte inversión en ellos, obteniendo dos posibles resultados, una buena experiencia con ellos y, por lo tanto, planean seguir utilizándolos o una mala experiencia, provocando una desconfianza a la hora de tratar de venderles un producto similar. Independientemente cuál sea la situación, será difícil la captación de esos clientes.

Para estimar la proporción de columnas construidas de la forma tradicional, y al no contar con la información de las ventas de cada uno de los tipos de encofrados, se procuró tomar como una aproximación para tal proporción la cantidad de empresas en la Argentina que los comercializa. Luego de extraer una muestra de 40 empresas proveedoras de encofrados, se obtiene la Figura 15.



**Figura 15: Porcentaje de empresas proveedoras de encofrados.**

**Fuente: Elaboración propia.**

De la figura anterior se entiende que el 81% de las empresas comercializan las placas de madera o fenólicos para el armado de encofrados, el 16% venden los encofrados metálicos (ya sean de acero o aluminio), y solo un 3% los plásticos. Si bien no se considera la relación entre la cantidad de empresas y su volumen de ventas, se adopta un criterio pesimista y se considera válido el análisis. Entonces se tomará en consideración la misma proporción en el uso de cada tipo de encofrado, por lo que el tamaño del mercado objetivo

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

queda definido por el 81% de las columnas calculadas previamente. El resultado se puede observar en la Tabla 7.

Año	Columnas estimadas
2015	1618122
2016	1618840
2017	1619558
2018	1620276
2019	1620994

**Tabla 7: Proyección de demanda, mercado objetivo.**

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se calcula la demanda de encofrados de madera, por ser el mercado se intentará abordar. Se considera el número de usos de los mismos, el resultado se puede observar en la Tabla 8.

Año	Demanda de encofrados de madera
2015	404530
2016	404710
2017	404889
2018	405069
2019	405249

**Tabla 8: Demanda de encofrados de madera.**

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.5. Determinación de la capacidad de producción

A partir de la definición del tamaño del mercado potencial, se determina la proporción del mismo que se planea captar durante los años del proyecto.

Debido a que la empresa ingresa al sector de la construcción, con un mercado ya establecido, con un producto en una etapa de introducción en dicho mercado y en un sector que tiene, generalmente, cierto rechazo hacia las innovaciones o las nuevas prácticas de trabajo, se busca captar una proporción pequeña del mercado objetivo nacional en los primeros 5 años del proyecto.

Otro aspecto a tener en cuenta es la vida útil del encofrado. El mismo se podría continuar utilizando por un periodo de tiempo superior a la vida útil del proyecto. Es probable que los clientes que adquieran este sistema de encofrado no vuelvan a realizar una compra en el periodo de tiempo en el que se extiende el proyecto, a menos que quieran aumentar su capacidad de construcción. Esto significa que cada año se deberá atender a nuevos clientes (o nuevas necesidades de los mismos clientes). Cada año se espera captar un porcentaje del mercado distinto, obteniéndose como resultado al final del proyecto una cuota de mercado total de 6,65%.

Para ilustrar lo mencionado previamente se incluye la Tabla 9.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Año	Demanda de encofrados de madera	Parte del mercado a captar	Total de encofrados
2015	404530	0,80%	3236
2016	404710	1,00%	4047
2017	404889	1,25%	5061
2018	405069	1,60%	6481
2019	405249	2,00%	8105
	<b>Total</b>	<b>6,65%</b>	

**Tabla 9: Capacidad de producción de encofrados.**

**Fuente: Elaboración propia.**

Una vez obtenida la cantidad de encofrados a fabricar, se debe escoger un criterio para determinar las dimensiones de dichos encofrados.

Una de las características del producto es que permite una gran versatilidad en la construcción de distintos tamaños de columnas. Por lo tanto, se adopta como criterio inicial de planificación que la cantidad total de columnas (que se planea construir con el encofrado) se distribuirá en forma uniforme entre 24 tamaños, resultado de algunas de las posibilidades que ofrece el producto, combinando las distintas placas.

En la Tabla 10 se detallan los 24 tamaños de columnas y los elementos necesarios para armar el encofrado para cada una de ellas. A partir de allí se puede determinar la cantidad a fabricar de cada una de las partes por año multiplicando por la cantidad de encofrados deseados.

Columna (cm)	PP 20	PP 25	PP 30	PC 20x20	PC 20x25	PC 20x30	PC 25x25	PC 25x30	PC 30x30	L 200	L 20	L 25	L 30	Cuñas	Zunchos
20x20x200	4									4				80	6
20x25x200	2	2								4				80	6
20x30x200	2		2							4				80	6
25x25x200		4								4				80	6
25x30x200		2	2							4				80	6
30x30x200			4							4				80	6
20x20x220	4			4						4	4			112	8
20x25x220	2	2		2	2					4	4			112	8
20x30x220	2		2	2		2				4	4			112	8
25x25x220		4			4					4	4			112	8
25x30x220		2	2		2	2				4	4			112	8
30x30x220			4			4				4	4			112	8
20x20x225	4				4					4		4		112	8
20x25x225	2	2			2		2			4		4		112	8
20x30x225	2		2		2			2		4		4		112	8
25x25x225		4					4			4		4		112	8
25x30x225		2	2				2	2		4		4		112	8
30x30x225			4					4		4		4		112	8
20x20x230	4					4				4			4	112	8
20x25x230	2	2				2		2		4			4	112	8
20x30x230	2		2			2			2	4			4	112	8
25x25x230		4						4		4			4	112	8
25x30x230		2	2					2	2	4			4	112	8
30x30x230			4						4	4			4	112	8

**Tabla 10: Desagregación de encofrados por componentes.**

**Fuente: Elaboración propia.**

## **3.2. MEMORIA TÉCNICA**

### **3.2.1. Selección de la estrategia producto-proceso**

La selección de la estrategia de producto-proceso significa determinar el tipo de proceso adecuado para un producto y en un contexto dado. Para la selección de dicho tipo de proceso se analizarán distintos factores, enumerados a continuación, y usarán como variables de entrada para ubicarse dentro de la matriz de proceso-producto:

- El flujo del producto es secuencial, ya que cada elemento del encofrado tiene una serie definida y ordenada de trabajo.
- La variedad de producto es baja, ya que se trata de un producto con características modulares que, a partir de una cantidad relativamente baja de partes, le ofrece al cliente una amplia cantidad de soluciones posibles.
- Aunque el número total de clientes no es muy alto, el sector de la construcción es un tipo de mercado masivo.
- El volumen de producción es alto, como se puede apreciar en el análisis de demanda realizado.
- El nivel de habilidad requerido de la mano de obra es bajo o intermedio, y las tareas que realizan son repetitivas.
- Se utilizan equipos para propósitos especiales, no hay operaciones diferentes que involucren la misma máquina.
- Se busca ofrecer un producto de alta calidad, y constante. Estas son características fundamentales para que el encofrado realice correctamente su función principal.
- Se realiza una producción para inventario. Se determina la capacidad productiva a partir del análisis de demanda, no se fabrica a pedido.

Teniendo en cuenta lo antes enumerado y considerando la matriz de proceso-producto (Figura 2), se define el tipo de proceso en estudio como flujo en línea relacionado, es decir, línea de ensamble.

### **3.2.2. Descripción del proceso**

En la Figura 16, la Figura 17 y la Figura 18 se puede observar el diagrama de flujo del proceso de fabricación del encofrado metálico. A su vez, en la Figura 19 se elabora el cursograma analítico correspondiente a tal proceso.

Se finaliza esta sección con una descripción de las distintas etapas que involucra la fabricación de los encofrados metálicos y que fueron enumeradas en el diagrama de flujo.

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

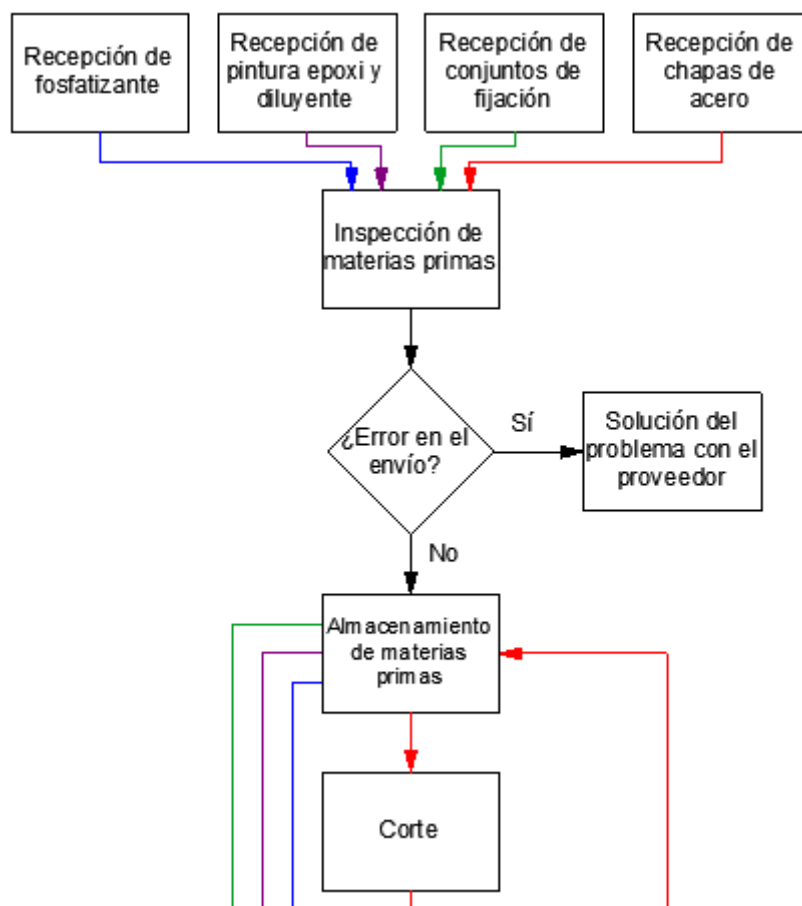


Figura 16: Diagrama de flujo de proceso.  
Fuente: Elaboración propia.

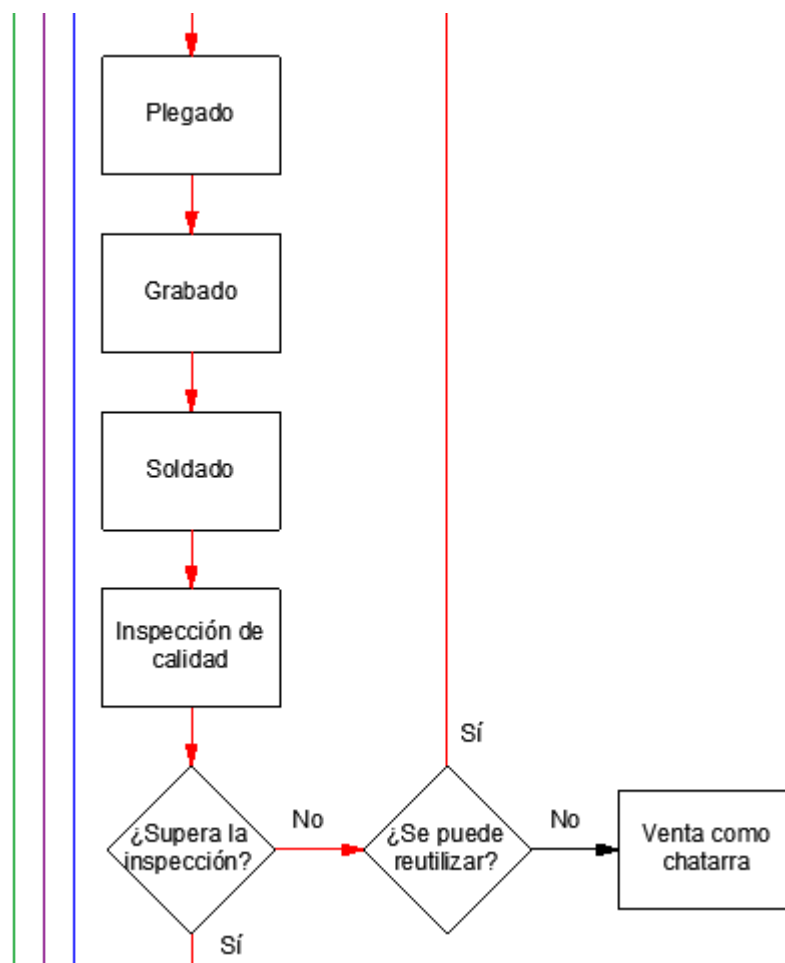


Figura 17: Diagrama de flujo de proceso (continuación I).  
Fuente: Elaboración propia.

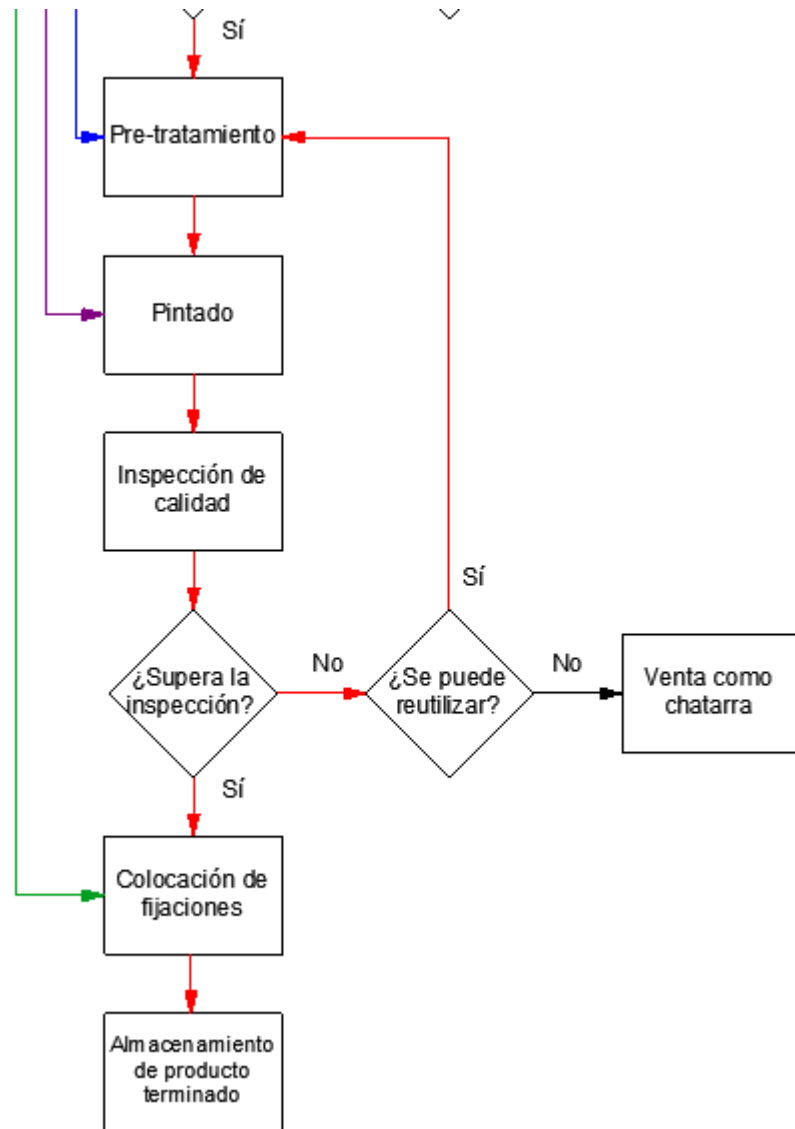


Figura 18: Diagrama de flujo de proceso (continuación II).  
Fuente: Elaboración propia.



## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO		Resumen					Actual
<b>Proceso</b>		Operaciones					9
		Transportes					8
Elaboración de encofrado		Inspecciones					3
		Demoras					3
		Almacenamientos					2
		Distancia (m)					56,5

Descripción	Distancia (m)	Símbolo					Observaciones
		○	◻	□	D	▽	
Recepción de materias primas		●					
Inspección de materias primas			●				
Al sector de almacenamiento de MP	12		●				
Almacenamiento						●	
Al sector de corte	8		●				
Corte		●					
Al sector de plegado	5,5		●				
Plegado		●					
Al sector de grabado	4		●				
Grabado		●					
Al sector de soldado	5,5		●				
Soldado		●					
Inspección de calidad						●	
Al sector de pretratamiento	7,5		●				
Limpieza		●					
Secado						●	
Fosfatizado		●					
Secado						●	
Al sector de pintado	6		●				
Pintado		●					
Secado						●	
Inspección de calidad						●	
Colocación de fijaciones		●					
Al depósito de producto terminado	8		●				
Almacenamiento						●	

**Figura 19: Cursograma analítico.**

Fuente: Elaboración Propia.

El proceso de fabricación de los encofrados metálicos comienza con la recepción las materias primas necesarias. Estas materias primas son: chapas de acero de 2,5 x 1,5 m, y 3 mm de espesor, fosfato de cinc, pintura epoxi y diluyente, y juegos de fijación. Las mismas se dispondrán en una zona determinada para su almacenamiento y se utilizarán para elaborar todas de las partes que conforman el sistema de encofrado. Previamente, se les realizará una inspección visual para controlar que la cantidad y la calidad de las éstas

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

estén acorde con lo pedido, y solucionar, en el momento, cualquier problema que surja comunicándose con el proveedor correspondiente.

La descarga de las chapas del camión del proveedor, y su traslado hasta la disposición final se realiza por medio de un autoelevador, debido a su peso excesivo.

Las siguientes etapas del proceso son:

### CORTE

Consiste en la obtención de piezas planas a partir de las chapas de acero que ingresan como materia prima para la obtención de los diferentes elementos que formarán parte del sistema de encofrado. Esta etapa del proceso se lleva a cabo con un pantógrafo CNC (Control Numérico por Computadora) que realiza el corte de las chapas de acero de forma automática mediante el manejo de plasma. También, se aprovechan las características de este equipo para realizar orificios en las piezas que los requieran, como es el caso de las placas principales o los complementos. Se utiliza este tipo de equipo, además de por su gran velocidad, por la precisión y las pequeñas tolerancias que posee, y que son indispensables para este método de encofrado funcione correctamente.

Las chapas en bruto son trasladadas desde la zona de almacenamiento al pantógrafo mediante la utilización de un aparejo eléctrico que cuente con un bastidor portante de un sistema de ventosas neumáticas, alimentadas por un compresor que genere el vacío necesario. Mientras que las piezas obtenidas se disponen en un canasto para seguir el proceso, los desperdicios son depositados en un contenedor para su posterior venta como chatarra. En la Figura 20, la Figura 21, la Figura 22, la Figura 23, la Figura 24, se puede apreciar tanto la localización como las dimensiones de las mencionadas ranuras en las distintas piezas (líneas de color verde).

A continuación se explica en detalle el corte de cada una de las piezas.

#### Placas principales:

En la Figura 20 se puede observar las medidas del corte (líneas de color azul) que debe ser realizado en la chapa para la elaboración de una placa principal.

Las medidas de las chapas principales están estandarizadas y son de 2 m de largo, y pueden ser de 20, 25 o 30 cm de ancho. Se adicionan 5 cm a cada lado y en ambas direcciones para la posterior generación de las solapas de refuerzo y unión entre paneles. Adicionalmente, se deben realizar cortes de 5 cm de lado en los ángulos de las chapas cortadas para poder permitir el subsiguiente doblado de la misma.

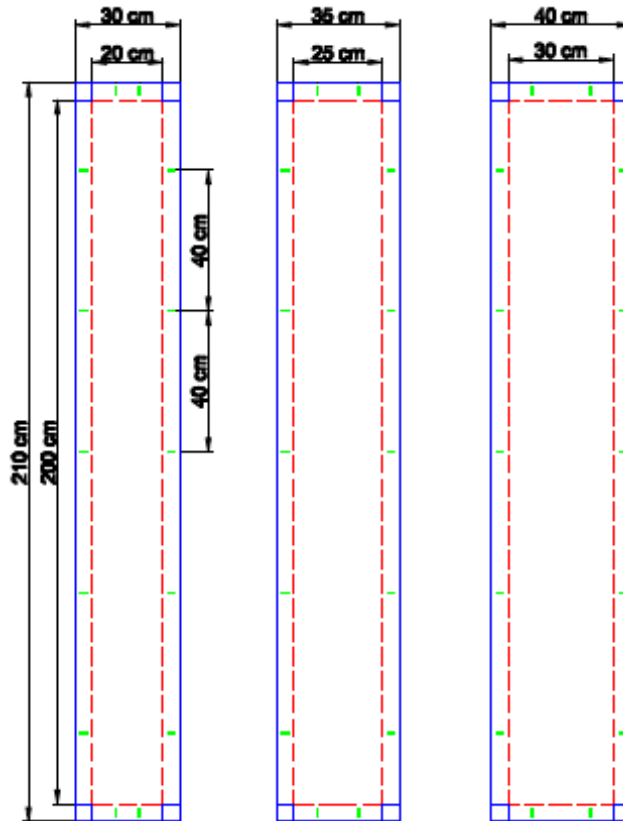


Figura 20: Medidas de chapas para la elaboración de placas principales.

Fuente: Elaboración propia.

- Placas complementarias:

En la Figura 21 se pueden observar las medidas del corte que se debe realizar en la chapa para la elaboración de una placa complementaria.

Se trata de un proceso similar al de las placas principales. Las medidas de las chapas complementarias están estandarizadas y pueden ser de 20, 25 o 30 cm de largo (para lograr las distintas medidas en alturas), en combinación con 20, 25 o 30 cm de ancho (para unir con los distintos tamaños de las placas principales). Al igual que las placas principales se adicionan 5 cm a cada lado y en ambas direcciones para las solapas de refuerzo y se realiza el corte en los ángulos.

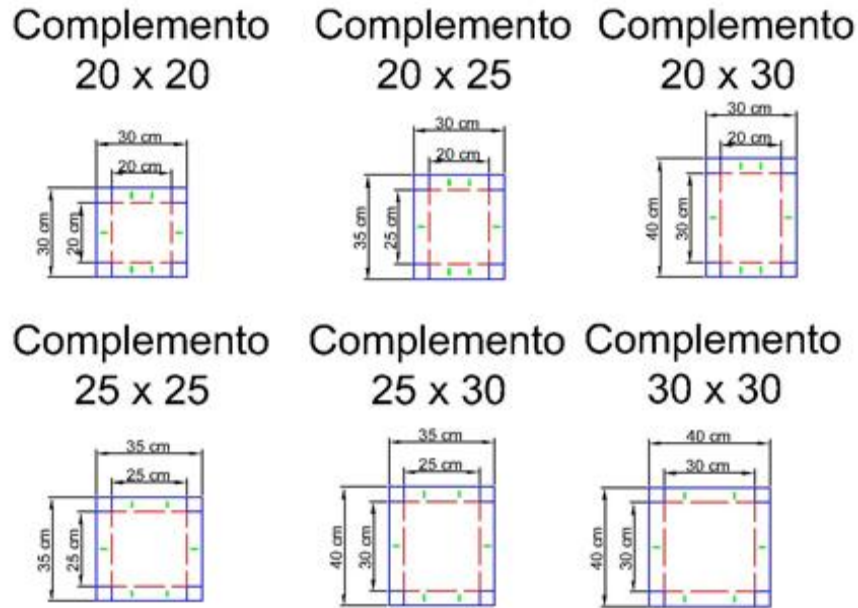


Figura 21: Medidas de chapas para la elaboración de placas complementarias.

Fuente: Elaboración propia.

- Perfil L:

En la Figura 22 se pueden observar las medidas del corte que se debe realizar en la chapa para la elaboración de un perfil L.

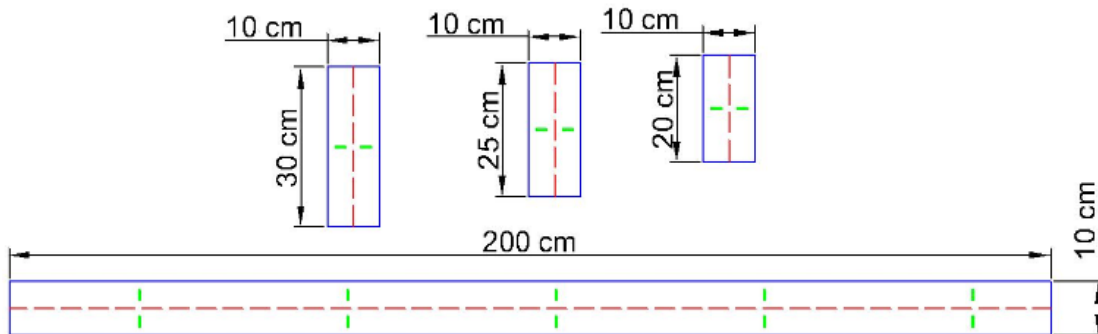


Figura 22: Medidas de chapas para la elaboración de perfiles L.

Fuente: Elaboración propia.

Las medidas de los perfiles L están estandarizadas y pueden ser de 20, 25 o 30 cm (para la unión de placas complementarias), o 2 m de largo (para la unión de las placas principales). El ancho es de 10 cm y permitirá la unión con las solapas de ambos modelos de placas.

- Cuñas:

En la Figura 23 se pueden observar las medidas del corte que se debe realizar en la chapa para la elaboración de una cuña.

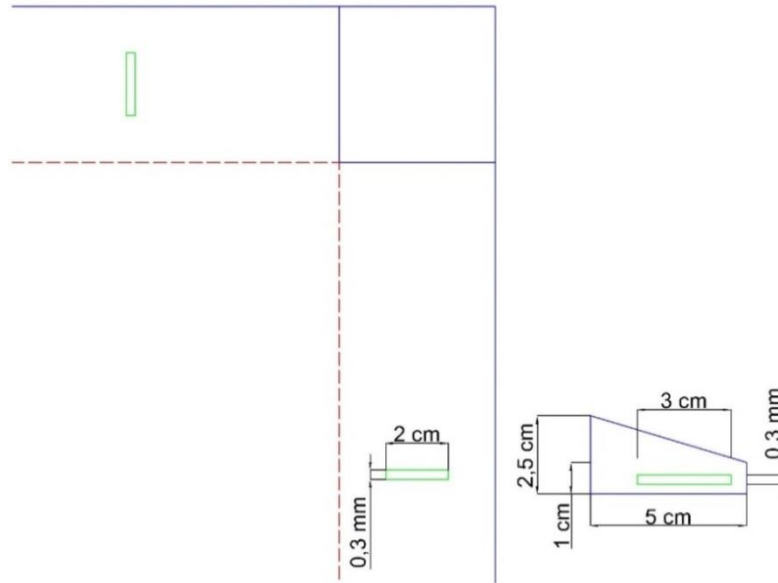


Figura 23: Medidas de chapa para la elaboración de cuñas.

Fuente: Elaboración propia.

Las medidas de las cuñas están estandarizadas y tienen forma de trapecio para asegurar la unión de las distintas partes que componen el sistema. Dichos trapecios tienen una base mayor de 2,5 cm y una base menor de 1 cm, con una altura de 5 cm.

- Zunchos:

En la Figura 24 se pueden observar las medidas del corte que se debe realizar en la chapa para la elaboración de un zuncho.

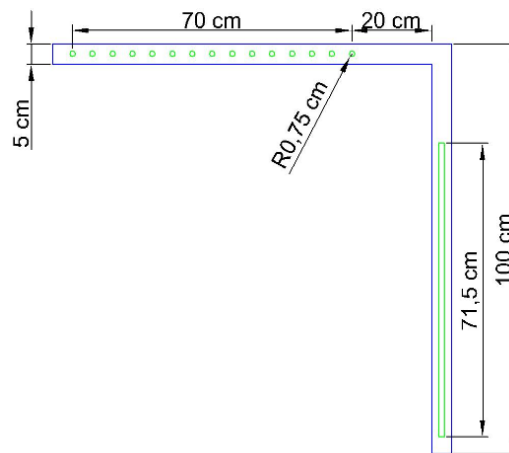


Figura 24: Medidas de chapa para la elaboración de zunchos.

Fuente: Elaboración propia.

Las medidas de los zunchos están estandarizadas y tienen forma de L. Sus medidas son de 100 x 5 cm por cada lado. A partir de bulones es posible ajustar y regular el zuncho a la medida de la columna que se desea construir.

- Refuerzos: son elementos que se sueldan en las placas principales para reducir el efecto de pandeo provocado en dichas placas por la presión del hormigón fresco al momento del

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

vertido y hasta que éste fragua. Son chapas rectangulares de 5 cm por el ancho de la placa principal (20, 25 o 30 cm).

Los desperdicios producto del corte de las chapas y los elementos defectuosos de los encofrados que no presentan la posibilidad de recuperación, son vendidos como chatarra para su utilización como materia prima de otra empresa.

### PLEGADO

El canasto con las piezas cortadas es trasladado hasta el puesto de plegado a través de una zorra hidráulica. En dicho puesto, a través de una plegadora, se generan los dobleces que conforman las solapas de refuerzo y los lados donde se unen las distintas piezas. En el proceso de corte se consideran las dimensiones de las solapas que contienen los orificios, por lo tanto, en dichas figuras se pueden observar los lugares donde se realizan los pliegues (líneas punteadas de color rojo). Las piezas resultantes se colocan en un canasto idéntico al utilizado en la primera etapa.

### GRABADO

A partir de una grabadora para acero, se imprime un código de identificación a las distintas piezas con el fin de facilitar la trazabilidad de los productos y mejorar el control de los distintos elementos fabricados. Este proceso se realiza sobre las placas principales (sobre uno de los refuerzos previo a ser soldado), indicando el nombre de la empresa y el número de lote.

### SOLDADO

Las piezas plegadas (y grabadas en caso de las placas principales), son trasladadas al puesto de soldado a través de otra zorra hidráulica. Por medio de una soldadora eléctrica se realizan las uniones de los pliegues de las placas principales y complementarias. En el caso de las placas principales, se sueldan además los refuerzos intermedios con un espaciado de 40 cm. Éstos se utilizan debido al gran tamaño de la placa principal y a que se encuentra en la parte inferior de la columna (donde la presión del hormigón fresco es mayor) para reducir la deformación de la placa en el momento en que se vierte el hormigón dentro del encofrado y hasta que fragua.

Al finalizar esta etapa, se realizará un control de calidad de las distintas piezas, y se armará un encofrado para observar el correcto encaje y cierre de los elementos. En caso de que alguna pieza/s no pase el control, se evaluará la posibilidad de reintroducirla en el proceso para la elaboración de otro elemento, o se la descartará y venderá como chatarra.

Posteriormente, se desarma el encofrado y colocan las piezas en un canasto más grande que los anteriores, ya que se requiere uno de mayor capacidad.

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

## PRE-TRATAMIENTO

A las piezas se les realiza un pre-tratamiento, que le brinda al acero protección contra la oxidación y favorece la adhesión de la pintura epoxi. En el área de pre-tratamiento hay dos cubas idénticas de hormigón incorporadas a la edificación del emplazamiento, una de ellas contiene agua y la otra una solución de fosfato de cinc. Ambas son de 3 x 1 x 1 m, por lo tanto la capacidad de cada cuba es de 3m<sup>3</sup>.

El canasto con las piezas soldadas se eleva con otro aparejo, en este caso sin las ventosas, y se deposita en el interior de la cuba con agua donde se limpia la suciedad superficial, debido a que la superficie a cubrir debe estar libre de elementos extraños (grasas, polvo y restos de soldadura) que puedan reducir la adherencia de la pintura. La limpieza se realiza solo con agua, el operario efectúa un cepillado para remover impurezas.

Una vez que escurren las piezas en el interior del canasto y en suspensión sobre la cuba de agua, para lo cual se estima un tiempo de 10 min, las piezas son depositadas en el interior de una cuba con solución de fosfato de cinc (proceso de fosfatizado por inmersión), continuando con el pre-tratamiento. El fosfatizado es un pre-tratamiento usado en la manufactura de superficies ferrosas para la protección contra la corrosión. El proceso involucra una reacción química entre una solución de fosfato de cinc y una superficie metálica, que resulta en la precipitación de una sal terciaria insoluble adherida químicamente a la superficie del acero. Esta capa cumple con la doble función de impedir el contacto del oxígeno directamente con el metal, y favorecer la impregnación con la pintura.

Para llevar la solución del proceso de fosfatizado a 75°C aproximadamente, que es la temperatura de trabajo sugerida para este tratamiento, se colocan calentadores en el interior de la cuba. Esto genera que la reacción química entre el metal y el fosfato de cinc sea más eficaz.

Una vez cumplidos los 5 min de inmersión (Ficha técnica de fosfato de cinc, 2015), se retira el canasto y se lo deja escurrir en la parte superior de la cuba durante otros 5 min con el objetivo de retirar la mayor parte de excedente. Luego se apoya el canasto en una bandeja colectora sobre el piso donde se lo deja secar por completo durante 3 h, para luego ser trasladado al sector de pintura a través de una zorra hidráulica.

Para lograr la dilución de fosfato de cinc requerida para este proceso, a una concentración volumétrica del 5%, a la cuba de 3m<sup>3</sup> de capacidad se le debe incorporar 150 l de fosfato de cinc, que es equivalente a incorporar 232,2 kg a ese volumen de agua en la cuba.

## PINTURA

Las piezas se descargan del canasto y se las cuelga en una cadena motorizada, de forma tal que dos operarios puedan pintar ambas caras con comodidad, en forma desfasada (no pintan la misma pieza en forma simultánea para evitar un rocío accidentado entre sí).

A partir de dos aspersores de pintura, una para cada operario, se aplica una capa de pintura epoxi a todas las piezas, brindándoles un buen acabado y ayudando a preservar aún más la vida útil del encofrado, debido a que constituye una barrera adicional contra la formación de óxido.

Una vez que las piezas atraviesan el proceso de pintura, se las desplaza una posición hacia adelante gracias a la cadena motorizada con el objetivo de dar paso a las siguientes piezas sin necesidad de que los operarios tengan que realizar el movimiento de las mismas (similar a lo que ocurre en una línea de montaje). A las piezas terminadas se las deja secar colgadas en la cadena por un periodo de cuatro horas (tiempo en el cual se logra el secado suficiente para el tacto), y son retiradas al depósito de productos terminados donde se completa el secado completo, después de 16 h (Ficha técnica KELCOT E-408, 2015).

Se llevará un control de calidad final sobre el encofrado, ahora con su capa de pintura, en caso de que detecte algún inconveniente, se removerá la capa de pintura y la pieza se reintroducirá en el proceso en la etapa de pre-tratamiento (en el caso de las piezas de tamaño importante), o se descartará y se venderá como chatarra (en el caso de las piezas pequeñas, ya que el costo de mano de obra requerido en su reacondicionamiento para el ingreso al proceso, no se justifica económicamente).

Finalmente, se adicionarán los juegos de fijaciones a los zunchos, y todas las piezas de los encofrados se dispondrán en el almacén de productos terminados.

### **3.2.3. Tratamiento de efluentes**

Todas las descargas residuales derivadas de los procesos industriales conforman el efluente industrial, así como también los vertidos originados por distintos usos del agua para los procesos. Durante los procesos de lavado y pre-tratamiento de los encofrados se generan sendos efluentes, los cuales se estudian para determinar la necesidad de tratado previo a su vertido en la colectora cloacal.

El primero es producto de la limpieza de las chapas y, al no adicionarse ningún químico (detergente) que pueda afectar el pH, que aporte al D.B.O. (Demanda Biológica de Oxígeno), D.Q.O. (Demanda Química de Oxígeno) o al S.A.A.M (Sustancias Activas al Azul de Metileno). Y al utilizar agua a temperatura ambiente, cumple con los parámetros de



## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

calidad de las descargas límites admisibles (Decreto 336/2003). Por este motivo, este efluente se vierte directamente en la colectora cloacal.

Como resultado del proceso de pre-tratamiento del encofrado metálico, se genera un efluente con fosfato de cinc a una temperatura de 75°C. Los parámetros de vuelco con los que está relacionado y debe cumplimentar este efluente son: Temperatura (menor a 45°C), pH (de 7 a 10 upH), D.B.O. (menor a 200 mg/l), D.Q.O. (menor a 700 mg/l), S.A.A.M. (menor a 10 mg/l), contenido de cinc (menor a 5 mg/l) y contenido de fósforo total (menor a 10 mg/l). En el capítulo **ANEXO II: 6.2. JUSTIFICACIÓN DE NECESIDAD DE TRATAMIENTO DEL EFLUENTE** se presenta un cálculo simple que permite justificar la necesidad de realizar el tratamiento a dicho efluente antes de verterlo en el sistema cloacal. En dicho anexo se evalúa el contenido de cinc y fósforo total de la dilución, y se obtiene que el rendimiento del proceso debería ser prácticamente del 100% (99,993%) para poder cumplir con los parámetros de vuelco reglamentarios. Al no poder lograr estos valores, ya que la cantidad de piezas a tratar (teóricamente) debería ser mayor a las que se tratan durante los 15 días de vida útil de la solución, además de que siempre se tiene una merma en los procesos, se decide realizar el tratamiento adecuado.

Las partículas de fosfato de cinc presentan gran estabilidad en agua, por lo que resulta imposible su separación por simple decantación, flotación o filtrado. Esta estabilidad se debe a que estas partículas presentan cargas superficiales electrostáticas del mismo signo (negativas), que hace que existan fuerzas de repulsión entre ellas y les impida aglomerarse para sedimentar. Entonces, el tratamiento físico-químico a realizar debe tener como finalidad, mediante la adición de ciertos productos químicos, la alteración del estado físico del fluido, que permanecería por tiempo indefinido de forma estable, para convertirlas en partículas susceptibles de separación por sedimentación.

Para romper la estabilidad de las partículas coloidales y poderlas separar es necesario realizar tres operaciones: coagulación, floculación y decantación.

- Coagulación

La coagulación consiste en desestabilizar los coloides por neutralización de sus cargas, dando lugar a la formación de flóculos. La coagulación de las partículas coloidales se consigue añadiéndole al agua un producto químico (electrolito) llamado coagulante. Para el caso del fosfato de cinc (que posee carga negativa) se utilizan sales de hierro y aluminio (de carga positiva). Al solubilizarse en el agua, el electrolito libera iones positivos con la suficiente densidad de carga para atraer a las partículas coloidales y neutralizar su carga.

- Floculación

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

La floculación trata la unión entre los flóculos ya conformados con el fin de aumentar su volumen y peso de forma que puedan decantar. Consiste en la captación mecánica de las partículas neutralizadas dando lugar a un entramado de sólidos de mayor volumen. De esta forma, se consigue un aumento considerable del tamaño y la densidad de las partículas coaguladas, aumentando, por tanto, la velocidad de sedimentación de los flóculos. Básicamente, existen dos mecanismos por los que las partículas entran en contacto:

- Por el propio movimiento de las partículas (convección natural). Se trata de un proceso muy lento, por lo que generalmente se complementa con el segundo mecanismo.
- Por el movimiento del fluido que contiene las partículas, que induce el movimiento de éstas. Esto se logra mediante la agitación de la mezcla. A este método se lo denomina floculación ortocinética o por convección forzada.

Existen, además, ciertos productos químicos, llamados floculantes (polielectrolito) que ayudan en el proceso de floculación. Un floculante actúa reuniendo las partículas individuales en aglomerados, aumentando la calidad del flóculo (más pesado y voluminoso).

Los factores que influyen en la floculación son:

- Que la coagulación previa sea lo más perfecta posible.
  - Agitación lenta y homogénea: la floculación es estimulada por una agitación lenta de la mezcla puesto que así favorece la unión entre los flóculos. Un mezclado demasiado intenso no interesa porque rompería los flóculos ya formados.
  - Temperatura del agua: las temperaturas bajas dificultan la clarificación del agua, por lo que se requieren periodos de floculación más largos.
  - Características del agua: un agua con poca turbiedad coloidal es de floculación más difícil.
  - Tipos de floculante.
- Decantación

La última etapa del proceso de pre-tratamiento es la decantación. Ésta tiene como finalidad el separar los agregados formados en el seno del agua.

### 3.2.4. Selección de los equipos necesarios

En base a la descripción del proceso necesario para la elaboración del encofrado, se detallan los equipos a utilizar para realizar tal fin.

#### Autoelevador

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Para la descarga de las chapas de los camiones de los proveedores, y su traslado al lugar correspondiente de almacenamiento, se utiliza un autoelevador con capacidad de carga máxima de 6 t. En la Figura 25 se puede observar el autoelevador, cuyas especificaciones relevantes se detallan en la Tabla 11.



**Figura 25: Autoelevador.**  
Fuente: Longlee S.A.

Proveedor	Modelo	Largo - Ancho - Alto (mm)	Carga máxima (kg)	Precio (US\$)
Longlee S.A.	CPCY 50	5730x1905x2880	6000	20000

**Tabla 11: Autoelevador.**  
Fuente: Longlee S.A.

### Pantógrafo CNC

Un pantógrafo es un equipo que permite la realización de cortes de alta precisión mediante la utilización de aire comprimido y electricidad. En la boca de la torcha del pantógrafo se encuentra un par de electrodos, que al estar expuestos a una diferencia de potencial, permiten la formación de un pequeño arco eléctrico. A su vez, por esa misma salida, se expulsa aire comprimido. Al interactuar, el aire que sale por la torcha deja de ser un gas y se transforma en plasma, tan energético que puede transformar el metal en vapor.

Este equipo se utiliza para la realización de los cortes y formación de orificios de todas las piezas que conforman el encofrado. Se trata de un pantógrafo de CNC comercializado por la empresa nacional Schnitt, modelo 1530PLS que se puede observar en la Figura 26 y cuyas especificaciones relevantes se detallan en la Tabla 12.



**Figura 26: Pantógrafo CNC para corte.**  
Fuente: Schnitt.

Proveedor	Modelo	Largo - Ancho - Alto (mm)	Potencia del motor (kW)	Precio (US\$)
Schnitt	1530PLS	3500x2900x1700	0,6	26150

**Tabla 12: Pantógrafo CNC para corte.**  
Fuente: Schnitt.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Se solicitará un programa, para el trabajo automático del pantógrafo, que permita realizar cuatro diseños de corte en las chapas brutas. Dichos diseños se pueden observar en la Figura 27 y se detallan en la Tabla 13. Estos diseños de corte aseguran una mínima cantidad de desperdicios en las chapas de acero, principal materia prima (menor al 2% en promedio).

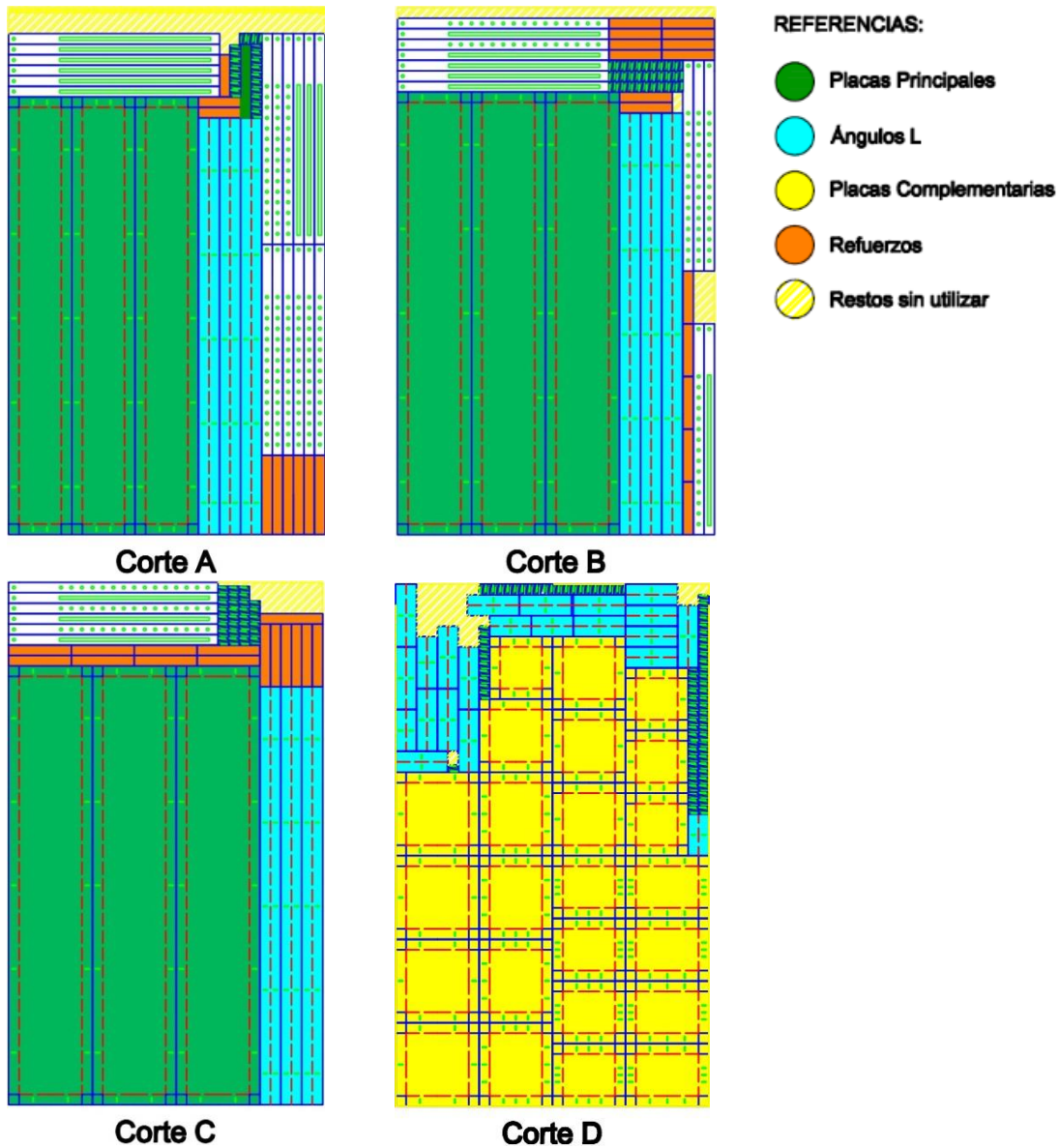


Figura 27: Tipos de corte.  
Fuente: Elaboración propia.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Tipo de corte	Detalle
A	- 3 placas principales (2000x200 mm) - 3 perfiles L de 2000 mm - 15 refuerzos de 200x50 mm - 9 zunchos - 60 cuñas
B	- 3 placas principales (2000x250 mm) - 3 perfiles L de 2000 mm - 15 refuerzos de 250x50 mm - 6 zunchos - 60 cuñas
C	- 3 placas principales (2000x300 mm) - 3 perfiles L de 2000 mm - 15 refuerzos de 300x50 mm - 3 zunchos - 60 cuñas
D	- 4 placas de complementos (200x200 mm) - 4 placas de complementos (250x250 mm) - 4 placas de complementos (300x300 mm) - 4 placas de complementos (200x250 mm) - 4 placas de complementos (200x300 mm) - 4 placas de complementos (250x300 mm) - 8 refuerzos de complementos (200x100 mm) - 8 refuerzos de complementos (250x100 mm) - 8 refuerzos de complementos (300x100 mm) - 162 cuñas

**Tabla 13: Tipos de corte.**

**Fuente: Elaboración propia.**

Siendo la velocidad de corte del pantógrafo de 10 m/min, se calcula el tiempo de trabajo a partir del promedio del desplazamiento lineal del equipo de corte, con el caso más desfavorable (corte D) de 57 m de corte, y el caso más favorable (Corte C) de 51 m de corte, aproximadamente. El tiempo promedio de trabajo se detalla en la ecuación (2):

$$\frac{54 \frac{m}{chapa} \text{ (promedio)}}{10 \frac{m}{min}} = 5,4 \frac{min}{chapa} \quad (2)$$

### Aparejo eléctrico (200 kg)

Para el traslado de cada chapa (115 kg de peso) desde el lugar asignado para su almacenamiento hasta el pantógrafo, y para el manejo de las piezas entre las cubas de lavado y pre-tratamiento, se utilizan sendos aparejos monorriel trifásico a cadena con carro de traslación eléctrico. Para el movimiento de las chapas al pantógrafo se utiliza el de la Figura 28 cuyas características se detallan en la Tabla 14. Para lograr la sujeción de las chapas y realizar el traslado hacia el pantógrafo, se acopla al aparejo un sistema neumático de ventosas, para facilitar su movimiento una a una.

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata



**Figura 28: Aparejo eléctrico de 200 kg.**  
Fuente: Fermar S.A.

Proveedor	Modelo	Carga máxima (kg)	Potencia (kW)	Precio (US\$)
Fermar S.A.	Aparejo eléctrico BTA	200	0,45	234

**Tabla 14: Aparejo eléctrico 200 kg.**  
Fuente: Fermar S.A.

## Ventosas

Se utilizan ventosas del tipo planas ya que son excelentes para el movimiento de piezas planas de gran extensión y presentan ciclos de trabajo más cortos. Las ventosas escogidas se pueden observar en la Figura 29, con sus especificaciones en la Tabla 15.



**Figura 29: Ventosa para sistema neumático.**  
Fuente: SMC.

Proveedor	Modelo	Diámetro (mm)	Precio (US\$)
SMC	ZP50CN plana con anillo de fijación NBR	50	6,363

**Tabla 15: Ventosa para sistema neumático.**  
Fuente: SMC.

Se calculó la fuerza **F** requerida para levantar cada chapa a partir de la ecuación (3), recomendada por el proveedor de ventosas, teniendo en cuenta un movimiento de elevación y traslado:

$$F = M \times \left( G + \frac{A}{\mu} \right) \times S \quad (3)$$

Siendo **M** la masa de la pieza a trasladar (kg); **G** la aceleración de la gravedad (10 m/s<sup>2</sup>); **A** la aceleración de la instalación (m/s<sup>2</sup>); y **μ** coeficiente de fricción, que depende de la superficie del objeto a trasladar (0,5 para metales). Además se incluye un coeficiente de seguridad **S**.

Reemplazando los valores en la formula (asumiendo una aceleración del equipo de 0,2 m/s<sup>2</sup> y un coeficiente de seguridad de 1,5), obtenemos que la fuerza que deben realizar las ventosas es de aproximadamente 1794 N (179,4 kg).

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Según el diámetro de cada ventosa se puede determinar la fuerza que podría generar cada una considerando que se puede alcanzar el vacío absoluto (entonces la presión generada sería de 1 kg/cm<sup>2</sup> de succión). Como la fuerza es a igual presión por área y el diámetro de cada ventosa es de 5 cm, entonces la fuerza unitaria es de 20 kg. Por lo tanto, el número de ventosas requeridas es de 9.

El mismo proveedor establece el caudal de aire que es necesario que entregue el compresor por ventosa. Para ventosas cuyo diámetro sea inferior a los 60 mm, el caudal requerido es de 8,3 l/min. Ya que se requieren 9 ventosas, el caudal total que debe ser capaz de entregar el compresor debe ser de 75 l/min.

### Compresor

Tanto el sistema neumático de ventosas como el pantógrafo requieren de un compresor, para lograr la generación de vacío, en el primer caso, y en el segundo para realizar el trabajo de corte.

El proveedor del pantógrafo recomienda un compresor de 8 bar de presión a la salida para la generación del plasma. Para lo cual se utiliza el compresor que se observa en la Figura 30 y cuyas especificaciones se detallan en la Tabla 16. Debido a que este compresor es capaz de generar un caudal de 250 l/min, y que el caudal para el funcionamiento de las ventosas es de solo 75 l/min, se decide la utilización del mismo compresor para el desarrollo de ambas tareas, ya que la realización de ambas no es simultánea.



**Figura 30: Compresor de aire.**  
**Fuente: Motomel S.A.**

Proveedor	Modelo	Caudal (l/min) / Presión (bar)	Potencia (kW)	Precio (US\$)
Motomel S.A.	MCA24	206 / 8	1,5	354

**Tabla 16: Compresor de aire.**  
**Fuente: Motomel S.A.**

### Plegadora

Para realizar el plegado de las placas las placas principales, complementarias y ángulos L, se utiliza el equipo que se puede observar en la Figura 31 y cuyas especificaciones relevantes se detallan en la Tabla 17.



# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata



**Figura 31: Equipo para plegado.**  
Fuente: PYMT S.A.

Proveedor	Modelo	Largo - Ancho - Alto (mm)	Potencia del motor (kW)	Precio (US\$)
PYMT	63t/2500	2500x1300x2210	5,5	31000

**Tabla 17: Equipo para plegado.**  
Fuente: PYMT S.A.

Considerando que la velocidad de plegado es de 12 pliegues/min, se calcula el tiempo de trabajo a partir del tiempo promedio entre el caso más desfavorable (Corte D) con 120 pliegues, y el más favorable para cualquiera de los otros cortes con 15 pliegues, se realiza un promedio ponderado para calcular cuantas chapas/min se procesan. En la ecuación (4) se detalla el cálculo:

$$\frac{0,25 * 120 \frac{\text{pliegues}}{\text{chapa}} + 0,75 * 15 \frac{\text{pliegues}}{\text{chapa}}}{12 \frac{\text{pliegues}}{\text{min}}} = 3,5 \frac{\text{min}}{\text{chapa}} \quad (4)$$

Se tiene en cuenta el tiempo entre colocación de piezas, escuadra y pliegue.

## Grabadora

El grabado se realiza con el equipo que se puede observar en la Figura 32 y cuyas especificaciones relevantes se detallan en la Tabla 18.



**Figura 32: Equipo para grabado.**  
Fuente: JGBPM Co.

Proveedor	Modelo	Largo - Ancho - Alto (mm)	Potencia (kW)	Precio (US\$)
JGBPM Co.	BXA	380x195x245	0,15	1160

**Tabla 18: Grabadora.**  
Fuente: JGBPM Co.

## Soldadora

Para la selección del equipo utilizado en el proceso de soldadura se consideró el tipo de unión a realizar, la terminación que se desea y el material con que se trabaja. A partir de ello se seleccionó la máquina que se observa en la Figura 33 detallada en la Tabla 19.



## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Se debe tener en cuenta que la calidad de la soldadura depende además del operario que la realiza ya que es un proceso manual.



Figura 33: Soldadora.

Fuente: Amazon.

Proveedor	Modelo	Largo - Ancho - Alto (mm)	Potencia del motor (kW)	Precio (US\$)
Amazon	Migweld 200s	410x230x380	44	685,49

Tabla 19: Equipo para soldadura.

Fuente: Amazon.

Este equipo se puede utilizar para soldadura por arco eléctrico o MIG (con generación de atmósfera inerte protectora), siendo la primera opción la correspondiente al tipo de soldadura aplicada.

El proceso de soldado es un proceso que depende de la habilidad de los operarios. Con el objetivo de obtener la mejor terminación en las uniones y admitir pausas durante el proceso, se decide incorporar 3 soldadoras a la secuencia de operaciones.

### Aparejo eléctrico (2 t)

Se incorpora un aparejo con capacidad suficiente para realizar el pre-tratamiento simultáneo de varios componentes. La compra del mismo incluye un canasto que permite el alojamiento de los distintos elementos del encofrado (peso aproximado de 1600 kg). El polipasto escogido es el de la Figura 34 con las características detalladas en la Tabla 20.



Figura 34: Aparejo eléctrico de 2 t.

Fuente: Ganmar S.A.

Proveedor	Modelo	Carga máxima (kg)	Potencia (kW)	Precio (US\$)
Ganmar	Hhxg-K2	2000	1,5	1990

Tabla 20: Aparejo eléctrico de 2 t.

Fuente: Ganmar S.A.

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

## Calentadores

Para llevar la solución del proceso de fosfatizado a 75°C aproximadamente, se colocan calentadores en el interior de la cuba, cada uno tiene la forma que se observa en la Figura 35, y sus especificaciones relevantes se observan en la Tabla 21. Para calcular la cantidad de dichos elementos necesarios para elevar la temperatura de la solución de fosfato de cinc a un valor cercano a los 75°C, se utiliza la ecuación (5):

$$\text{Cantidad de calentadores} = \frac{C_e * M * \Delta T}{P} \quad (5)$$

Siendo **C<sub>e</sub>** el calor específico del fosfato de cinc: 0,12 J/(kg\*K), **ΔT** la variación deseada en la temperatura: 50°C (en este caso se desea elevar la temperatura desde los 25°C a 75°C), y **M** la masa de solución involucrada: se calcula a partir del volumen de solución (3 m<sup>3</sup>) y la densidad del compuesto (3,998 g/cm<sup>3</sup>).

El numerador corresponde a la potencia total necesaria para realizar la variación de la temperatura, si se lo afecta por el denominador **P** que es la potencia de cada calentador (2500 W), se obtiene la cantidad de dichos elementos que serán necesarios. Realizando el cálculo se obtiene que se requiere de 28 calentadores para lograr una variación de 48,63°C (aproximada al ΔT deseado).



**Figura 35: Calentador.**  
**Fuente: To Worldwide.**

Proveedor	Modelo	Diámetro del tubo (mm)	Potencia (kW)	Precio (US\$)
To Worldwide	Inmersión Heather 2.5 kW	10	2,5	14,89

**Tabla 21: Calentador.**  
**Fuente: To Worldwide.**

## Motor eléctrico

Este motor se utiliza para movilizar la cadena en la cual se cuelgan las partes del encofrado para ser pintadas. Para la selección de este motor se determinó el peso (fuerza) máximo que debe ser capaz de trasladar el motor, cuando están colgados todos los encofrados producidos en el día (expresado en la cantidad de chapas en bruto, como aproximación). El cálculo se detalla en la ecuación (6):

$$\text{Fuerza motriz (F)} = 53 \text{ chapas} \times 115 \frac{\text{kg}}{\text{chapa}} = 6095 \text{ kg} \quad (6)$$

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Se considera como velocidad de desplazamiento ( $V$ ) de la cadena igual a 0,17 m/s. El cálculo de la potencia requerida del motor se detalla en la ecuación (7):

$$\text{Potencia (P)} = F \times V = 6095 \text{ kg} \times 0,17 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1015 \text{ W} = 1,36 \text{ HP} \quad (7)$$

El motor seleccionado es el de la Figura 36, cuyas características se observan en la Tabla 22.



Figura 36: Motor para cadena.

Fuente: Motores Daf.

Proveedor	Modelo	Potencia en el eje (HP)	Potencia (kW)	Precio (US\$)
Motores Daf	B3 monofásico	2	2,4	445,76

Tabla 22: Motor para cadena.

Fuente: Motores Daf.

### Aspersor de pintura

Para la pintura se utiliza el equipo que se observa en la Figura 37, cuyas especificaciones relevantes se observan en la Tabla 23.



Figura 37: Equipo para pintura.

Fuente: MultiRubro.

Proveedor	Modelo	Largo - Ancho - Alto (mm)	Potencia del motor (kW)	Precio (US\$)
MultiRubro	Gamma G2822	605x300x390	0,9	144,79

Tabla 23: Equipo para pintura.

Fuente: MultiRubro.

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Tabla resumen de equipos

Equipos que requieren instalación	Cantidad	Costo (US\$)
Pantógrafo CNC	1	26150
Aparejo eléctrico (200 kg)	1	234
Ventosas neumáticas	9	57,27
Compresor de aire	1	354
Plegadora	1	31000
Equipo de grabado	1	1160
Aparejo eléctrico (2 t)	1	1990
Calentadores	28	416,92
Motor eléctrico	1	445,76
<b>TOTAL</b>		<b>61808</b>
Equipos que no requieren instalación	Cantidad	Costo (US\$)
Autoelevador	1	20000
Soldadora	3	2056,47
Aspersor de pintura	2	289,58
<b>TOTAL</b>		<b>22346</b>

**Tabla 24: Resumen de equipos.**

**Fuente: elaboración propia.**

### 3.2.5. Materia prima requerida para la producción

- Chapas de acero:

Para la fabricación de las piezas que conforman el encofrado se utiliza acero 1020 de la norma AISI-SAE (Instituto Americano del Hierro y el Acero - Sociedad de Ingenieros Automotores) (Ficha Técnica SAE1020, 2015), es decir una aleación de hierro y 0,2% de carbono. Se selecciona este tipo de acero porque tiene una buena combinación de ductilidad y resistencia mecánica. Además es satisfactoriamente soldable por todos los métodos convencionales y es uno de los más utilizados, por lo que resulta más fácil su adquisición. Se requerirán chapas de acero laminado de 2500x1500x3 mm (Largo x Ancho x Espesor), según la determinación de los cortes que realizará el equipo láser CNC. El proveedor de las mismas es Hierros Torrent que las comercializa a medida. El peso unitario de las chapas es de 88,5 kg.

El transporte de las chapas metálicas desde Hierros Torrent hasta la planta es terciarizado a través de la empresa Scor-Dina S.A. Las responsabilidades asociadas al mismo, corresponden a la empresa que contrata el servicio. Considerando que la capacidad de carga de sus camiones es de 17000 kg, el peso de las chapas en bruto y la cantidad de éstas requeridas por año, se define que se realizará un pedido cada 15 días de 192 chapas.

- Fosfatizante:

El fosfato de cinc lo provee Central Química Argentina S.A., un mayorista que lo comercializa en bolsas de 25 kg. La cantidad requerida de esta materia prima se calcula como el producto del volumen de fosfatizante por unidad de superficie ( $0,0075 \text{ l/m}^2$ ) que se

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

consume -una vez formada la solución con el agua y estimado por el proveedor-, por la superficie de la cantidad total de piezas a tratar. Esta cantidad, teóricamente, sería suficiente para tratar todas las piezas producidas en un año. Sin embargo, el fosfato de cinc tiene una vida útil de 15 días, por lo tanto el contenido de la cuba se reemplaza periódicamente. Es decir, que la cantidad de fosfato de cinc a comprar cada año va a ser la misma. Se realizan pedidos de 18 bolsas de fosfatizante por mes.

- Pintura Epoxi:

La pintura epoxi la provee Kelcot S.A., se utilizará el esmalte Kelcot E-408 (Ficha técnica KELCOT, 2015) color rojo comercializado en envases de 20 l. La misma se debe preparar con un diluyente en una proporción pintura-diluyente de 70-30%. El diluyente lo provee la misma empresa, se utilizará la línea DE-101 que está presentado en envases de 4 l. La capa de material utilizada es de 120 micrones de espesor. La cantidad anual de estos componentes se estima a partir del espesor de la capa y la cantidad de piezas a pintar, expresadas por su superficie. Además, se estima un desperdicio de la mezcla del 10%. Se realizan pedidos de 30 baldes de pintura epoxi y 63 envases de diluyente por mes.

Se evaluó la posibilidad de tener el mismo proveedor tanto para la pintura epoxi, el diluyente y el fosfato de cinc, pero este último tiene un costo menor si se adquiere en una química mayorista. Por otro lado, no se logró conseguir un proveedor para la pintura que ofreciera una presentación de mayor volumen.

- Tornillos, tuercas y arandelas:

Para el armado de cada zuncho se requiere de 1 conjunto de fijación (juego de tornillos, tuercas y arandelas). A su vez, para ensamblar dos zunchos se utilizan otros dos juegos. Por este motivo se establece la cantidad de juegos de fijación como dos por cada zuncho. El encargado de proveer los conjuntos de fijación es Ferrara Fijaciones. Se realizan pedidos de 10200 unidades de fijación por mes.

A partir de la cantidad de cada encofrado a fabricar por año, los requerimientos de materia prima y los rendimientos, se elabora la Tabla 25 que presenta las cantidades de materia prima requerida cada uno de los años del proyecto.

Cantidades Requeridas de MP/año	2015	2016	2017	2018	2019
Chapas de acero (unidades)	4860	6084	7596	9720	12168
Fosfatizante (kg)	5573	5573	5573	5573	5573
Pintura epoxi (kelcot E-408) (l)	2927	3664	4574	5853	7328
Diluyente DE-101 (l)	1207	1511	1887	2415	3023
Conjunto Fijación (unidades)	48600	60840	75960	97200	121680

**Tabla 25: Requerimientos de materia prima.**

**Fuente: Elaboración propia.**

### 3.2.6. Mano de obra directa e indirecta requerida

La mano de obra directa está compuesta por 13 operarios distribuidos de la siguiente manera:

- Autoelevador y puente grúa (1)
- Corte (1)
- Plegadora (2)
- Soldado (3)
- Grabado (1)
- Fosfatizado (1)
- Pintura (2)
- Auxiliar (1)
- Depósito (1)

La cantidad de personal se determina para el quinto año de vida del proyecto donde la planta opera al 100% de su capacidad. Durante los primeros años, el grado de utilización de la mano de obra será inferior al 100%, por lo que habrá capacidad ociosa.

La producción es supervisada por un encargado de producción, quien se encarga de las funciones de dirección y control del área.

Al encontrarse el producto en etapa de introducción, se requiere de un esfuerzo significativo en ventas y comercialización. Por lo tanto se decide conformar un equipo en el área que sea capaz de entrar en contacto con potenciales clientes y llevar a cabo líneas de acción, sobre todo en el área de comunicación y estudio de mercado.

El área de comercialización cuenta con dos vendedores cuya zona de trabajo queda repartida, de tal forma que uno se encargue de las empresas localizadas en la zona norte y sur del país, y el otro de las de la zona central. El área cuenta con un gerente comercial que se encarga de las tareas de planificación y seguimiento de las actividades del área de ventas.

Se cuenta con personal administrativo conformado por dos empleados, quienes auxiliarán a los gerentes en lo que respecta a las actividades simples de la organización, otorgándoles tiempo para enfocarse en tareas de mayor relevancia. Además, se cuenta con un responsable de compras que se encarga de la planificación el inventario y de la búsqueda y mantenimiento de relaciones estrechas con proveedores.

La dirección general está compuesta por dos gerentes quienes se encargan de la planificación, organización, dirección y control de toda la organización.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

### 3.2.7. Requerimiento de servicios

La empresa requerirá de electricidad y agua para la realización de las tareas de producción. En la Tabla 26 se detalla la demanda de servicios de la planta para el quinto año de proyecto (en el cual estará funcionando al 100% de su capacidad). A partir de los requerimientos para ese año, se calcula el consumo para los primeros años en función de la producción de cada año. Se establece que la empresa trabaja 313 días al año, 8 horas por día.

El consumo de agua se realiza durante el pre-tratamiento de los componentes del encofrado, al llenar las cubas de lavado y de fosfatizado. El volumen del mismo se estima a partir de las dimensiones de ambas cubas, que son idénticas, cuya capacidad es de 3 m<sup>3</sup>, y de la frecuencia de renovación de los volúmenes. El agua de limpieza será reemplazada diariamente, mientras que la solución de fosfato de cinc lo hará cada dos semanas.

Energía eléctrica	Potencia (kW)	Consumo (kWh)
Autoelevador	0	0
Pantógrafo CNC	0,60	1502
Aparejo eléctrico (200 kg)	0,45	1127
Aparejo eléctrico (2 t)	1,50	3756
Ventosas neumáticas	0	0
Compresor de aire	1,50	3756
Plegadora	5,50	13772
Equipo de grabado	0,15	376
Soldadora	132	330528
Calentadores	50	125200
Motor eléctrico	2,40	6010
Aspersor de pintura	1,80	4507
<b>Consumo anual de energía (kWh)</b>		<b>490534</b>
<b>Servicio agua</b>		
Cuba de lavado	3	m <sup>3</sup> /día
Cuba de pretratamiento	6	m <sup>3</sup> /mensual
<b>Consumo anual de agua (m<sup>3</sup>)</b>	<b>1011</b>	

Tabla 26: Requerimiento de servicios.

Fuente: Elaboración propia.

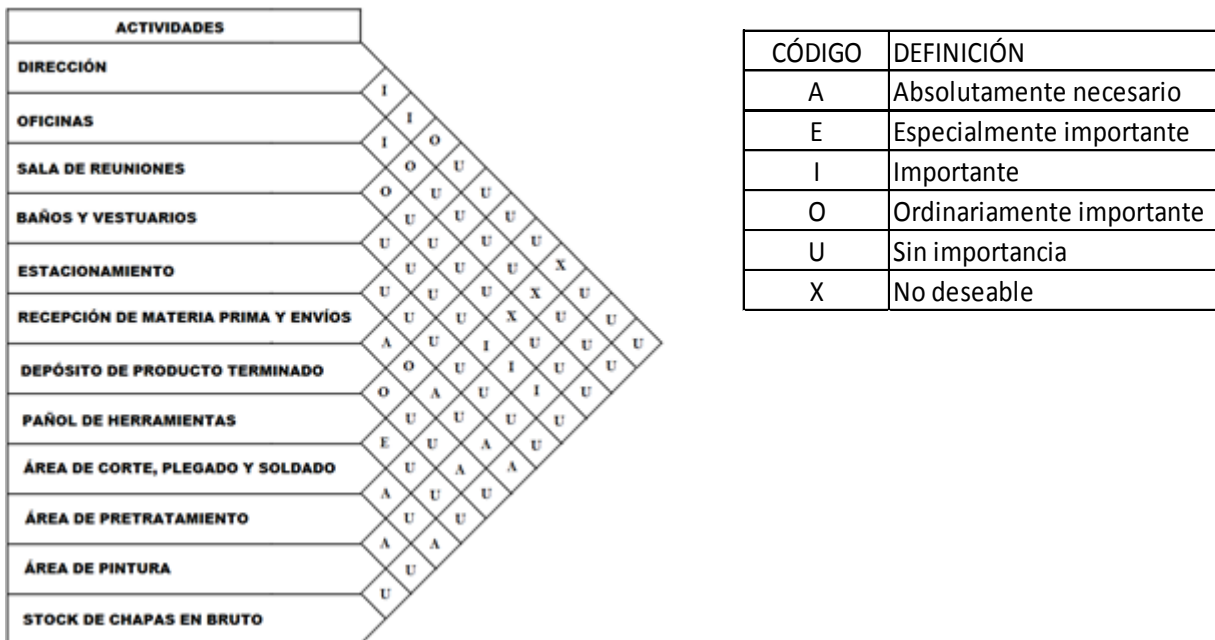
Siendo que el diseño de los métodos para tratar los efluentes requiere de un amplio conocimiento del tema, se decide optar por contratar un transportista que movilice los efluentes generados, y una planta de tratamiento para los mismos, ambos estando registrados en la O.P.D.S.. La primera es Ecopetro S.A., transportista de residuos especiales registrado, y la planta de tratamiento es Recovering S.A. Se adiciona a los servicios de agua y electricidad, el servicio de tratamiento de efluentes. Dos veces por mes, Ecopetro S.A. retira el contaminante acumulado, y lo entrega en Recovering S.A. para su posterior tratamiento.

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

### 3.2.8. Distribución de planta

Para llegar a una distribución de planta más eficiente y lograr un flujo de materiales y personas adecuado, se presenta un diagrama de relación de actividades (Figura 38). El mismo, refleja la importancia de la cercanía entre las distintas áreas de la empresa, según la implementación del código establecido. Seguido, se realizó la correspondiente hoja de trabajo, que permite ordenar y visualizar mejor la información contenida en el diagrama de relación de actividades.

A partir de la hoja de trabajo, se elabora el diagrama adimensional de bloques, como un primer intento de distribución. El resultado final se puede observar en la Figura 39. El flujo de trabajo logrado es eficiente, con un recorrido mínimo, sin retrocesos ni saltos entre etapas y aprovechando una misma zona para la recepción y envío de materiales.



**Figura 38: Diagrama de la relación de actividades.**  
Fuente: Elaboración propia.



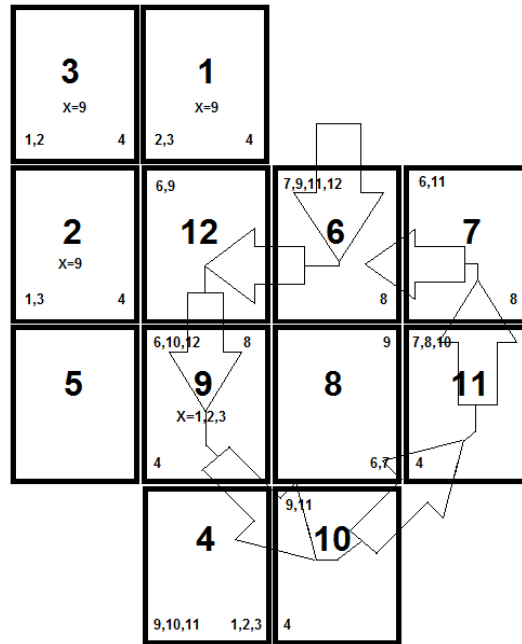


Figura 39: Diagrama adimensional de bloques.  
Fuente: Elaboración propia.

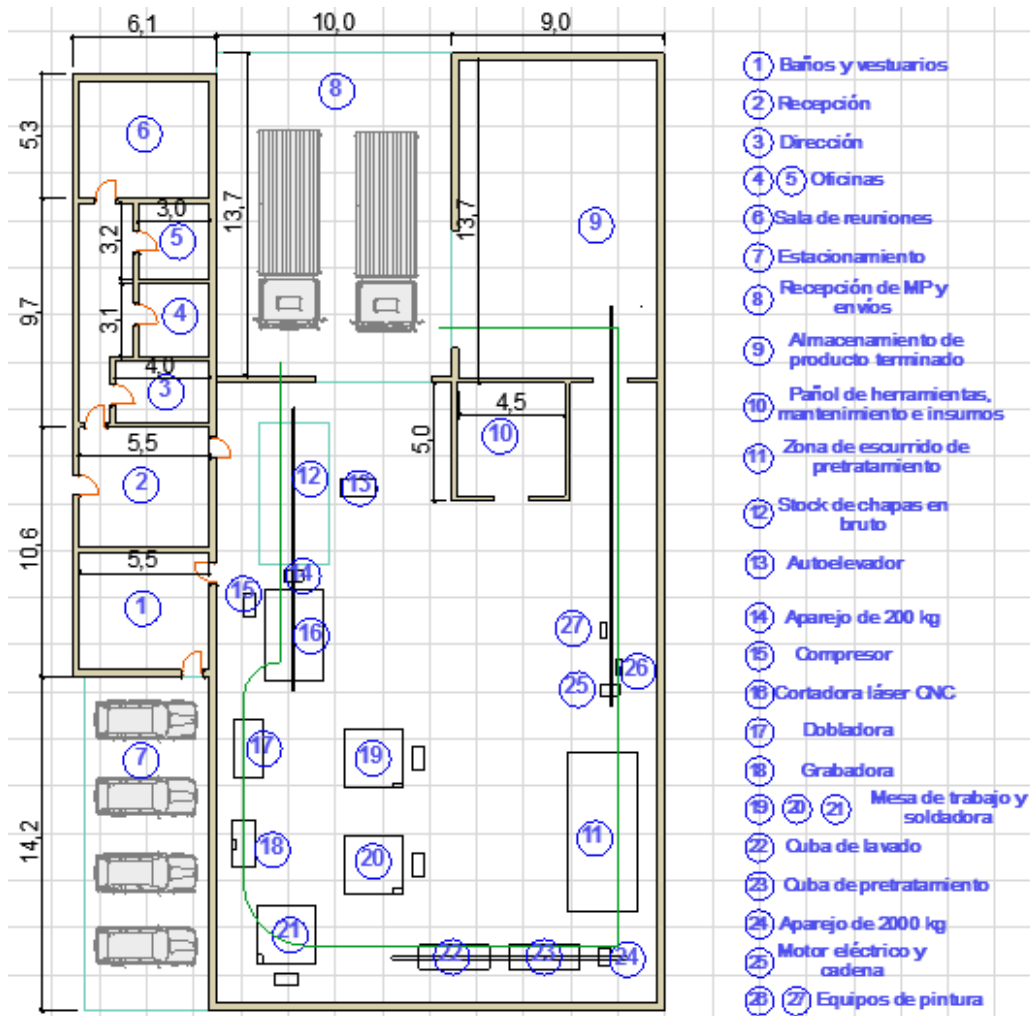


Figura 40: Distribución en planta.  
Fuente: Elaboración propia.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

En la Figura 40 se puede observar el plano final de la planta con las cotas correspondientes, la distribución de los equipos y la ubicación de las diferentes etapas del proceso productivo.

La superficie total del emplazamiento, calculada a partir de las cotas, es 998,98 m<sup>2</sup>. De aquí en adelante se utilizará para los cálculos el valor redondeado a 1000 m<sup>2</sup>.

### 3.2.9. Localización de la planta

Para determinar la localización de la planta en la ciudad de Mar del Plata se consideran zonas permitidas en el COT (Código de Ordenamiento Territorial) (Municipalidad de General Pueyrredón, 2015). La planta entra dentro de la “industria de fabricación de productos metálicos, maquinarias y equipos”, clase 3, “fabricación de productos de carpintería metálica, perfiles de chapa, marcos, puertas y demás artículos afines a la construcción”.

Las tres alternativas planteadas para la localización son:

- Opción 1: Parque Industrial General Savio (kilómetro 6,5 de la Ruta Provincial N° 88).
- Opción 2: Zona delimitada por las calles Av. J.B. Justo, Av. Pedro Luro, Juncal y Bahía Blanca (zona de Av. Champagnat).
- Opción 3: Zona delimitada por las calles Av. J.B. Justo, 12 de Octubre, Rateriy y Av. Polonia.

La localización de las distintas opciones se visualiza en la Figura 41.



Figura 41: Identificación de opciones de localización.

Fuente: Elaboración propia en base al mapa de la ciudad de Mar del Plata (Google Maps, 2015).

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

Se procede a enumerar las características de cada una de las opciones de localización a evaluar:

El Parque Industrial General Savio, ubicado a 9 km del centro urbano de Mar del Plata, la vincula con otras localidades y terminales de trenes, puerto y aeropuerto. Por un lado, la distancia genera un inconveniente para el traslado de las personas al parque, pero, por el otro lado, se evita el congestionamiento de automóviles. Cuenta con una infraestructura que brinda la totalidad de los servicios para una rápida puesta en funcionamiento de las instalaciones (energía eléctrica, gas natural, red cloacal, desagüe pluvial, pavimento, sistema telefónico, forestación, transporte, unidad operativa de servicios y vigilancia). Radicarse en el parque significa quedar liberado de obligaciones municipales como Derecho de Construcción, de Oficina y Habitación; y tasas por Seguridad e Higiene, y por Alumbrado, Limpieza y Conservación de la Vía Pública (7 años). La exención abarca también impuestos provinciales: Ingresos Brutos (7,5 años), Inmobiliario (7,5 años), Automotores (7,5 años) y Sellos de los contratos derivados de la radicación. Las empresas localizadas allí tienen la posibilidad de acceder a los programas nacionales de crédito con tasa bonificada de la Secretaría de la Pequeña y Mediana Empresa. Además de los beneficios otorgados por la Ley Provincial de Promoción Industrial (Ley 13.656), como la prioridad en la provisión de productos a entes estatales, o la oportunidad de contar con el crédito subsidiado "Fuerza Parques" (Municipalidad de General Pueyrredón, 2015). El costo del terreno es de 2,5 US\$/m<sup>2</sup> (Ministerio de Producción de la Provincia de Buenos Aires, 2015).

La opción número dos se haya ubicada en una zona urbanizada que cuenta con varios accesos a la ciudad, por lo que las formas para el transporte del personal se multiplican. Posee acceso rápido a las principales avenidas de la ciudad (Champagnat, J.B. Justo, Colón, Pedro Luro y Libertad), por lo que aunque se encuentre dentro de la ciudad, el efecto del tráfico se ve disminuido. La zona se encuentra más cerca de los clientes que el parque industrial, ya sean clientes locales o del norte de la provincia, pero no se cuenta con todos los beneficios antes mencionados de radicarse en el mismo.

La opción número tres cuenta con una mayor posibilidad para el traslado de personas y mayor cercanía a los clientes que el parque industrial, pero menor a las de la opción anterior. Se trata de una zona con mayoría de calles angostas exceptuando las avenidas Polonia y J.B. Justo. No cuenta con los beneficios que ofrece el parque industrial. Al igual que la opción dos, se encuentra más cerca de los posibles proveedores de materias primas y servicios externos a planta industrial, y proximidad a centros de salud en casos de emergencias.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

La localización de la planta se realiza a partir de la matriz de los criterios ponderados. Para ello, es necesario definir los criterios de selección que se detallan a continuación, junto con su ponderación:

- Precio del m<sup>2</sup> de superficie: cuanto mayor sea este precio, tanto mayor será la inversión que requerirá el proyecto, y por lo tanto, afecta directamente a la rentabilidad que el mismo generará. Sin embargo es una inversión que se realiza únicamente al inicio del proyecto por lo que se le asigna un peso bajo. (Ponderación: 0,1)
- Costo de los servicios básicos: la opción con menores costos en los servicios básicos (agua, gas, electricidad, internet, etc.), obtendrá una puntuación mayor. (Ponderación: 0,2)
- Beneficios extras: son privilegios o ayudas obtenidas por el solo hecho de localizarse en una zona en específico, por ejemplo, posibilidad a acceder a créditos o reducción de la tasa impositiva. (Ponderación: 0,1)
- Accesibilidad para las personas: está relacionado con la cercanía a la mayoría de la mano de obra, la disponibilidad de medios para arribar a la planta, el tiempo requerido y el costo monetario del transporte. (Ponderación: 0,2)
- Accesibilidad y cercanía a clientes y proveedores: se refiere a la distancia física a los mencionados y la facilidad de acceso a la fábrica, por ejemplo, calles en condiciones. Es un factor considerable debido al impacto logístico asociado. (Ponderación: 0,35)
- Seguridad de la zona: se refiere a la posibilidad de daños o perjuicios producidos por terceros a los activos de la planta o a los empleados de la misma. (Ponderación: 0,05)

En la Tabla 27 se puede observar la matriz de criterios ponderados para la localización de la planta industrial. La misma contiene ponderación de los criterios de selección y la puntuación de cada una de las opciones con respecto a esos criterios. La puntuación puede ser de 1 (cumplimiento insatisfactorio del criterio), 2 (cumplimiento regular), 3 (buen cumplimiento), 4 (muy buen cumplimiento) o 5 (excelente cumplimiento del criterio).

Criterios	Ponderación	Calificación		
		Opción 1	Opción 2	Opción 3
Costo por superficie (m <sup>2</sup> )	0,1	0,5	0,3	0,2
Costo de los servicios básicos	0,2	1	0,4	0,4
Beneficios extras	0,1	0,4	0,2	0,2
Accesibilidad para las personas	0,2	0,4	1	0,8
Accesibilidad y cercanía a clientes y proveedores	0,35	0,7	1,05	0,7
Seguridad de la zona	0,05	0,15	0,1	0,1
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>3,15</b>	<b>3,05</b>	<b>2,4</b>

**Tabla 27: Matriz de criterios ponderados para la localización.**

**Fuente: Elaboración propia.**

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Según el resultado obtenido con la matriz de criterios ponderados, la opción 1, el Parque Industrial General Savio, es el sitio más adecuado para la instalación de la planta industrial, ya que su puntaje ponderado (3,15) es superior al de las otras alternativas planteadas. Dicho parque posee un FOS (Factor de Ocupación del Suelo) (Ordenanza Municipal N°7010, 2015) que no debe ser superior a 0,5. Tomando este valor como referencia, se calcula que la superficie de la parcela a adquirir debe ser de 2000 m<sup>2</sup>.



**Figura 42: Plano del Parque Industrial General Savio.**  
**Fuente: Municipalidad de General Pueyrredón.**

La superficie mínima de lote disponible (dentro de la zona en ampliación) es de 1500 m<sup>2</sup>, por lo tanto se adquirirán 2 terrenos conformando un total de 3000 m<sup>2</sup>. Esto permitirá además la posibilidad de expandir las instalaciones en el futuro.

Consideración: en el presente trabajo se evalúa la posibilidad de localizar la planta en una zona del Parque Industrial General Savio donde existen lotes en los cuales no se encuentra disponible la totalidad de los servicios. Entre ellos, la provisión de agua,

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

electricidad, cloaca y pavimento, que son los requeridos para la producción y funcionamiento de la planta.

Se considera que al momento de la puesta en marcha de la planta, las obras estarán finalizadas. De lo contrario se deberá reevaluar la localización en otro parque industrial. Este posible cambio no afectará en gran medida la rentabilidad y factibilidad del proyecto ya que ante la inversión total requerida, el precio del terreno en un parque es despreciable.

### 3.2.10. Categorización del establecimiento industrial

Se procede a categorizar la planta industrial de acuerdo a lo que establece la Ley N° 11.459 y el Decreto 1741/96. Para ello, se determina el Nivel de Complejidad Ambiental, definiendo cada uno de sus factores:

- Rubro

La industria se puede ubicar dentro del rubro “fabricación de productos metálico, maquinaria y equipo”; de los grupos “fabricación de muebles y accesorios principalmente metálicos” y “fabricación de productos metálicos estructurales, N.C.P., exceptuando maquinaria y equipo”; y en concepto de “fabricación de productos metálicos”, “fabricación de productos estructurales de metal” y “tratamiento y revestimiento de metales”.

Por lo tanto, la industria se clasifica en el Grupo 2, y se le asigna el valor de 5 al factor “Rubro”.

- Efluentes y Residuos

La planta genera un efluente de agua con restos de fosfato de cinc, derivado del proceso de pre-tratamiento de los encofrados. Éste es un residuo especial, por lo que, el efluente se clasifica como de Tipo 2. Se le asigna al factor “Efluentes y Residuos” el valor de 6.

- Riesgo

Se enlistan los riesgos específicos de la actividad. Por cada uno de ellos se asigna un punto a este factor:

- Riesgo por aparatos sometidos a presión (compresor de aire).
- Riesgo por sustancias químicas (fosfato de cinc y pintura epoxi).
- Riesgo de incendio.

Se le asigna al factor “Riesgo” el valor de 3.

- Dimensionamiento

Las consideraciones a tener en cuenta para determinar el valor de este factor son:

- Cantidad de personal: 23 personas, entonces adopta el valor 1.



## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

- Potencia instalada (en HP): 262,6 HP (195,9kW), entonces adopta el valor 2.
- Relación entre superficie cubierta y superficie total: 0,3 (1000 m<sup>2</sup> cubiertos y 3000 m<sup>2</sup> de superficie total), entonces adopta el valor 1.

Se le asigna al factor "Dimensionamiento" el valor de 4.

- Localización

Las consideraciones a tener en cuenta para determinar el valor de este factor son:

- Zona: la planta está localizada en el Parque Industrial General Savio, entonces adopta el valor 0.
- Infraestructura de servicios de: actualmente, se están realizando las obras para el tendido de las redes de los servicios de agua, cloaca, luz y gas en la zona de ampliación del parque para el emplazamiento de nuevos proyectos (en uno de los cuales se ubicará la planta). Entonces, adopta el valor 0.

Se le asigna el factor "Localización" el valor de 0.

A partir del valor establecido para cada factor, se procede al cálculo del N.C.A mediante la ecuación (1), mencionada en el capítulo **2.6.3. Decreto 1741/96**:

$$N.C.A = Ru + ER + Ri + Di + Lo = 5 + 6 + 3 + 4 + 0 = 18$$

Este valor de N.C.A indica que la empresa se encuentra dentro de la segunda categoría. Esta categorización implica que se debe presentar ante el Municipio una Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A), y éste emitirá una Declaración de Impacto Ambiental (D.I.A) aprobando o rechazando la E.I.A.. Es necesaria la aprobación de la E.I.A. para la obtención del Certificado de Aptitud Ambiental, que permitirá el inicio de las actividades en la planta.

### 3.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Los cálculos de esta sección fueron realizados haciendo la conversión de pesos argentinos a dólares estadounidenses con un tipo de cambio de 9,31 \$ igual a 1 US\$ del día 9 de septiembre del 2015. Se considera la producción del quinto año de vida del proyecto como costo anual.

#### 3.3.1. Cálculo de inversión fija total

Se procede al cálculo de la inversión fija utilizando el método de estimación por factores. Para la instalación se toma un 20% del valor de compra del equipamiento dado que se considera ingeniería inmediata. En la Tabla 24 se detallan los equipos que intervienen en el proceso, y si requieren de instalación.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

Para el cálculo de la inversión fija total, a partir de la inversión fija directa e indirecta se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

### Inversión fija directa:

- No se utilizarán tuberías en el proceso
- Debido a que el control es poco automatizado, se adopta un factor de 0,035
- El costo de edificación se obtiene a partir de la superficie de la instalación, 1000 m<sup>2</sup>, y el costo de edificación por unidad de superficie 1074 US\$/m<sup>2</sup> (Mira Lionel, com. pers.)
- No se requiere la instalación de una planta de servicios (los provee el parque)
- No hay conexiones entre distintas unidades

### Inversión fija indirecta:

- Se trata de un proyecto de ingeniería inmediata
- La empresa es una unidad comercial mediana (tramo 1), ya que se encuentra en el sector industrial y sus ingresos anuales, para todos los años, se están entre 45500000 \$ y 360000000 \$ (Ministerio de Producción, 2016)
- Es una empresa que presenta un nuevo producto en el mercado, por lo que se plantean contingencias contra variaciones imprevistas

Considerando el valor del terreno en el Parque Industrial General Savio (2,5 US\$/m<sup>2</sup>) y el tamaño de la parcela calculado previamente de 3000 m<sup>2</sup> donde se ubicará el emplazamiento, se determina el valor del terreno a utilizar. En la

Tabla **28** se presenta el cálculo de la inversión fija total.



## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Componentes de la inversión fija		US\$
Inversión en equipos que requieren instalación		61808
Instalación (20%)		12362
Inversión en equipos que no requieren instalación		22346
<b>Inversión en equipos instalados</b>		<b>96516</b>
Factores experimentales como fracción de IE	Factor	US\$
Tuberías de Proceso	0	0
Instrumentación	0,035	3378
Edificios de Fabricación	--	1074000
Plantas de Servicios	0	0
Conexiones entre Unidades	0	0
Inversión Fija Directa		1173894
Factores experimentales como fracción de ID	Factor	US\$
Ingeniería y Construcción	0,275	322821
Factores de Tamaño	0,05	58695
Contingencias	0,25	293473
Inversión Fija Indirecta		674989
Inversión Fija		1848882
Valor del Terreno		7500
Inversión Fija Total		1856382

**Tabla 28: Inversión fija total.**  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2. Cálculo de costos totales de producción y determinación del precio de venta

#### 3.3.2.1. Determinación del costo variable

- Materia prima

El costo de materia prima se calculó a partir de las cantidades de cada una de ellas estimadas previamente para abastecer la demanda del último año del proyecto y el precio de venta de los proveedores.

El precio de las chapas del proveedor elegido es de 1,175 US\$/kg. Relacionando la densidad del acero (7,87 g/cm<sup>3</sup>), el volumen y la cantidad de las chapas que se requieren para un año de producción.

Se adiciona al valor de compra del acero, el transporte. El mismo está compuesto por un ítem por retiro de mercadería de 35 US\$, un seguro calculado como el 0,7% del valor de la carga transportada y un ítem correspondiente a los kilogramos transportados de 1700 US\$. El mismo se realiza para el trayecto Buenos Aires – Mar del Plata en un camión con semirremolque que admite una carga máxima de 17,5 t.

El precio del transporte representa una adición de 0,135 US\$/kg al precio de las chapas metálicas.

En la etapa de fosfatizado se utiliza fosfato de cinc como materia prima. El precio de cada paquete de 25 kg es de 9,9 US\$.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

El precio de cada envase de 20 l de pintura es de 343,72 US\$. La pintura se utiliza conjuntamente con un diluyente. El valor de cada envase de 4 l del mismo es aproximadamente 32,98 US\$ y la se calcula como el 30% restante de mezcla para la pintura.

Para el armado de los zunchos se utilizan juegos de tornillos, tuercas y arandelas. El costo de los mismos es de 0,29 US\$/juego.

### Costo total en materia prima:

Para el cálculo del costo total unitario de materia prima se considera la cantidad de la misma requerida para el quinto año del proyecto, que se puede observar en la Tabla 25, y el costo de cada insumo. El costo total unitario en materia prima es 197,28 US\$.

- Mano de obra directa (con cargas sociales)

El costo de mano de obra se calcula para el quinto año del proyecto, a partir de los requerimientos de personal y el salario de cada uno de ellos. En la Tabla 29 se puede observar en detalle de los salarios de los empleados según el tipo, sin cargas sociales, de acuerdo con la Unión Obrera Metalúrgica (UOM) (UOM, 2016). También se muestran los costos anuales para las 2.504 horas anuales que se trabajan. Para considerar las cargas sociales en el costo anual de mano de obra, se aumenta en un 35% el valor del mismo.

Descripción	Cantidad	Salario (\$/h)	Salario anual (US\$)	Costo anual (US\$)	Categoría
Autoelevador y puente grúa	1	67,52	18159	18159	Conductor de autoelevador
Pantógrafo	1	56,95	15317	15317	Oficial superior
Plegadora	2	52,83	14209	28418	Oficial plegador
Soldador	3	52,83	14209	42627	Oficial soldador
Grabado	1	52,83	14209	14209	Operario calificado
Fosfatizado	1	41,47	11154	11154	Operario calificado
Pintura	2	52,83	14209	28418	Oficial pintor a soplete
Auxiliar	1	41,47	11154	11154	Operario calificado
Depósito	1	41,47	11154	11154	Operario calificado
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>			<b>180610</b>	
<b>TOTAL + Cargas Sociales (35%) (US\$)</b>	<b>243823</b>				
<b>Costo unitario (US\$/unidad)</b>	<b>30,08</b>				

**Tabla 29: Costo de mano de obra.**

Fuente: elaboración propia.

- Supervisión

La supervisión es realizada por el encargado del área de producción. En la Tabla 30 se detalla el costo de supervisión, con las cargas sociales incluidas.

Descripción	Cantidad	Salario (\$/h)	Salario anual (US\$)	Costo anual (US\$)	Categoría
Encargado de producción	1	61	16393	16393	Oficial múltiple superior
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>			<b>16393</b>	
<b>TOTAL + Cargas Sociales (35%) (US\$)</b>	<b>22131</b>				
<b>Costo unitario (US\$/unidad)</b>	<b>2,73</b>				

**Tabla 30: Costo de supervisión.**

Fuente: Elaboración propia.

- Servicios

El costo de servicios se calculó a partir de los requerimientos de los principales servicios involucrados en la producción (energía eléctrica y agua) para el quinto año del

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

proyecto, en el cual la planta opera el 100% de capacidad y con todos los equipos funcionando durante toda la jornada; y el valor de cada uno establecido por sus respectivas empresas proveedoras.

La empresa EDEA S.A. (Empresa Distribuidora de Energía Atlántica) (EDEA, 2016) se encarga de abastecer de energía eléctrica a las empresas que funcionan en el parque industrial General Savio. A partir de su cuadro tarifario y el consumo en kWh (kilowatt por hora) destinado a la producción de la planta se obtiene el costo anual en energía eléctrica para una red trifásica de media tensión.

La empresa Obras Sanitarias S.E. (Sociedad de Estado) se encarga de abastecer de agua a las empresas que funcionan en el parque industrial General Savio. La empresa se encuentra comprendida dentro de la categoría D, de empresas que utilizan el servicio dentro de su proceso productivo. Según el cuadro tarifario, esta categoría debe abonar 0,34 US\$/m<sup>3</sup> (Ordenanza Municipal N°22.078, 2015), y teniendo en cuenta el consumo de agua en el proceso destinado al pre-tratamiento (lavado y fosfatizado) de las piezas (3 m<sup>3</sup>/día y 6 m<sup>3</sup>/mensual, respectivamente), se obtiene el costo anual en agua. Además, se multiplica por 2 el consumo, debido a que la planta emite efluentes y Obras Sanitarias lo incluye en la tarifa.

Dentro de los costos de servicios, se considera también el tratamiento del efluente con contenido de fosfato de cinc, ya que es tercerizado. El costo total asociado al transporte y tratamiento del efluente es de 5371 US\$/mes considerando que mensualmente se realiza dos veces la operación.

El detalle de los costos de servicios se puede observar en la Tabla 31.

Consumo anual de energía eléctrica (kWh)	490534
Tarifa US\$/kWh	0,0374
<b>Costo anual en energía eléctrica (US\$)</b>	<b>18352</b>
Consumo anual de agua (m <sup>3</sup> )	1011
Tarifa US\$/m <sup>3</sup>	0,3362
<b>Costo anual en agua (US\$)</b>	<b>680</b>
Tratamiento de efluentes	64446,83
<b>Costo total anual en servicios(US\$)</b>	<b>83478</b>
<b>Costo unitario (US\$/unidad)</b>	<b>10,30</b>

Tabla 31: Costo de servicios.  
Fuente: Elaboración propia.

- Mantenimiento

Se cuenta con un operario en planta permanente encargado del mantenimiento general de los equipos e instalaciones de la fábrica, para llevar a cabo tareas correctivas y un plan de mantenimiento preventivo, con el objetivo de asegurar su fiabilidad. Además, se asigna un presupuesto para tercerizar el mantenimiento y calibración de un equipo de alta

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

complejidad, como es el caso del pantógrafo CNC, que requiere de un tratamiento más especializado. El presupuesto total asignado a mantenimiento en el quinto año del proyecto corresponde a un 10% de la inversión fija, e incluye gastos en materiales, herramientas, revisión de equipos y edificios, reparaciones incidentales, y la contratación del mantenimiento tercerizado. El costo total anual de mantenimiento es de 184888 US\$ y el total unitario es de 22,81 US\$.

### 3.3.2.2. Determinación del costo fijo

- Depreciación

El método de depreciación utilizado es el de línea recta que sugiere una depreciación lineal durante los 5 años de proyecto, con un valor residual del 25% de la inversión fija, debido a la corta duración del proyecto. El costo total anual de depreciación es de 277332 US\$ y el total unitario para el quinto año del proyecto es de 34,218 US\$.

- Impuestos

Por localizar la planta en el parque industrial General Savio, la empresa queda eximida de pagar impuestos. El costo de impuestos se considera nulo.

- Seguros

El costo de seguros se estima como un 0,75% de la inversión fija. Esto incluye seguros sobre la propiedad, para el personal y para las mercancías, entre otros. El costo total anual de seguros es de 13867 US\$ y el total unitario (para el quinto año) es de 1,71 US\$.

- Financiación

El costo de financiación será estimado más adelante, en el inciso **3.3.3.2. Línea de crédito**.

- Ventas y distribución

El costo en ventas se detalla en la Tabla 32. Se consideran los salarios (incluidas las cargas sociales) de los vendedores y el gerente comercial, gastos generales de oficinas, comisiones, gastos de viajes, gastos extras asociados a las ventas y se fija un presupuesto anual de 100000 US\$ para llevar a cabo las tareas de comunicación que se detallan más adelante en el mix de marketing. (FAECYS, 2015)

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Descripción	Cantidad	Salario mensual (\$)	Salario anual (US\$)	Costo anual (US\$)	Categoría
Gerente comercial	1	11024	14209	14209	Vendedor categoría D
Ventas	2	10377	13376	26751	Vendedor categoría B
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>			<b>40960</b>	
<b>TOTAL + Cargas Sociales (35%) + Adicionales del área (US\$)</b>			<b>155296</b>		
<b>Costo unitario (US\$/unidad)</b>	<b>19,16</b>				

**Tabla 32: Costo de ventas y distribución.**

**Fuente: Elaboración propia.**

La empresa no realiza tareas de distribución. La entrega del producto se realiza en planta y queda bajo responsabilidad del cliente, tanto la elección del medio de transporte como su costo.

- Administración y dirección

Al salario de los ejecutivos, se le adicionan los salarios de administrativos (FAECYS, 2015) y encargado de compras, las cargas sociales, y gastos adicionales (30% del costo de mano de obra directa) que incluye: asesor contable, auditoría, asesoramiento legal, servicio médico, cafetería y comunicaciones.

El costo en administración y dirección se detalla en la Tabla 33.

Descripción	Cantidad	Salario mensual (\$)	Salario anual (US\$)	Costo anual (US\$)	Categoría
Dirección general	2	26076	33610	67221	Ejecutivo
Compras	1	10049	12952	12952	Administrativo comercial
Administración	2	7394	9531	19062	Administrativo de 1°
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>			<b>99234</b>	
<b>TOTAL + Cargas Sociales (35%) + Adicionales del área (US\$)</b>			<b>188149</b>		
<b>Costo unitario (US\$/unidad)</b>	<b>23,21</b>				

**Tabla 33: Costo de administración y dirección.**

**Fuente: Elaboración propia.**

- Investigación y desarrollo

No se realizan tareas de investigación y desarrollo en la empresa, por lo que el costo asociado se considera nulo.

### 3.3.2.3. Costo total y estructura de costos

En la Tabla 34 se puede observar el costo total para cada uno de los años del proyecto.

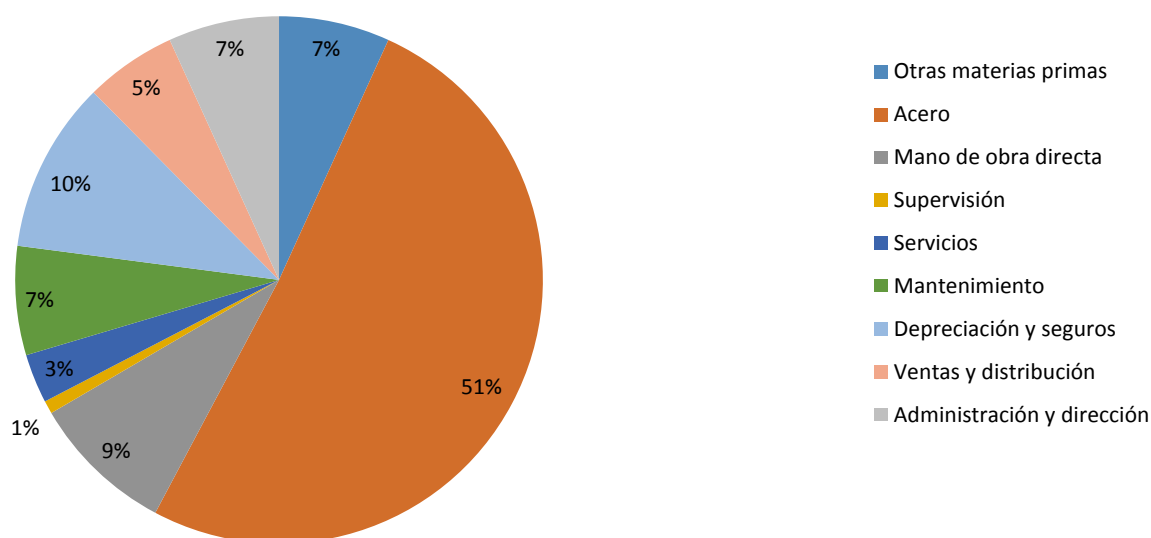
## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Detalle	2015	2016	2017	2018	2019
	Costo anual (US\$/año)	Costo anual (US\$/año)	Costo anual (US\$/año)	Costo anual (US\$/año)	Costo anual (US\$/año)
Materia prima	638443	798408	998453	1278586	1598941
Mano de obra	97356	121749	152254	194972	243823
Supervisión	8837	11051	13819	17697	22131
Servicios	33332	41684	52128	66753	83478
Mantenimiento	73824	92321	115453	147845	184888
Depreciación	277332	277332	277332	277332	277332
Seguros	13867	13867	13867	13867	13867
Ventas y distr.	155296	155296	155296	155296	155296
Adm. y dir.	188149	188149	188149	188149	188149
<b>Costo total</b>	<b>1486437</b>	<b>1699857</b>	<b>1966751</b>	<b>2340497</b>	<b>2767905</b>

**Tabla 34: Costo total.**

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 43 se puede observar la estructura de costos.



**Figura 43: Estructura de costos.**

Fuente: Elaboración propia.

Para la estimación de los costos de producción se considera a cada tipo de encofrado de la Tabla 10 una misma unidad de producto, ya que los mismos están compuestos por los mismos elementos constitutivos, y hay una pequeña diferencia en la cantidad de materia prima requerida para fabricarlos.

### 3.3.2.4. Estimación del precio de venta

Para la fijación del precio de venta de los encofrados se considera el costo total unitario, y el precio de otros productos similares que se ofrecen en el mercado, y que fueron mencionados en el trabajo.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

El precio de venta por unidad de encofrado es de 600 US\$. En el punto **3.4.4.2. Precio** del presente trabajo se detalla el criterio utilizado para el establecimiento de dicho precio de venta (dentro del capítulo de mix de marketing).

### 3.3.3. Análisis de rentabilidad y factibilidad económica

#### 3.3.3.1. Flujo de fondos del proyecto

A partir de los costos de producción, la cantidad estimada a vender y el precio de venta, se presenta en la Tabla 35, el flujo de fondos del proyecto, con la TIR resultante y el tiempo de repago del proyecto obtenido gráficamente (Figura 44).

En la ecuación (8) se determina el capital de trabajo como el costo de producción sin depreciación, que se puede observar en la Tabla 35, se lo afectado por la cantidad de meses en los que no se prevén ingresos por ventas (4 meses en este caso).

$$I_w = \frac{\text{costo de producción sin depreciación} \left( \frac{\text{US\$}}{\text{año}} \right)}{12 \frac{\text{meses}}{\text{año}}} \times 4 \text{ meses} = 403013 \text{ US\$} \quad (8)$$

Flujo de fondos del proyecto (US\$/año)						
	0	1	2	3	4	5
Ingresos Anuales		1941600	2428200	3036600	3888600	4863000
Egresos Anuales						
Costo de producción sin depreciación		1209040	1422499	1689387	2063137	2490580
Depreciación		277332	277332	277332	277332	277332
Total Egresos		1486372	1699831	1966720	2340469	2767913
BNAI		455228	728369	1069880	1548131	2095087
Impuestos (t = 0,4)		182091	291348	427952	619252	838035
Beneficio neto		273137	437021	641928	928878	1257052
Inversión Fija	-1856382					
Capital de trabajo (4 meses)	-403013					
Terreno	-7500					
Capital recuperado						872734
Flujo de caja de proyecto	-2266896	550469	714354	919261	1206211	1534385
<b>TIR del proyecto</b>		<b>31,22%</b>				
<b>Nr</b>		<b>2,14</b>				

**Tabla 35: Flujo de fondos del proyecto.**

**Fuente: Elaboración propia.**

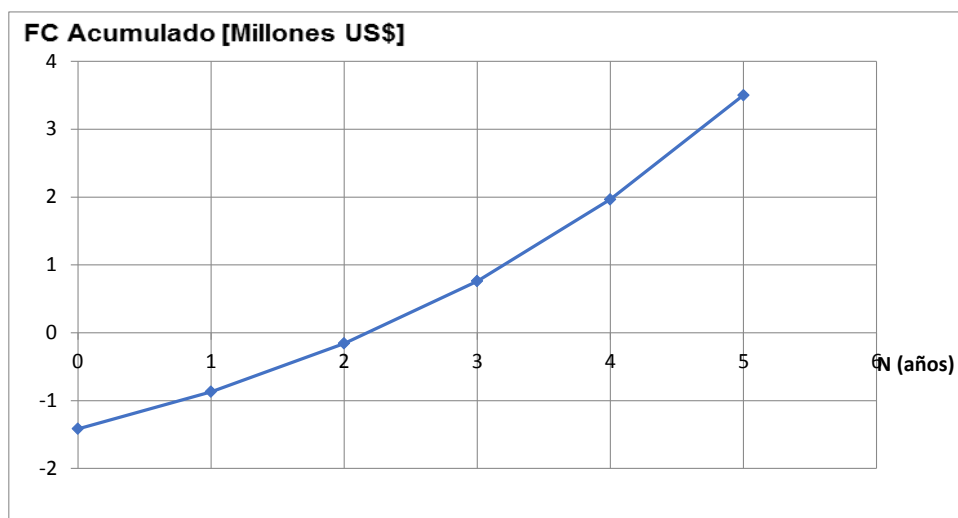


Figura 44: Tiempo de repago.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3.2. Línea de crédito

Se decide utilizar la línea PyMEs del BICE (Banco de Inversión y Comercio Exterior), destinado a financiar proyectos de inversión y la adquisición de bienes de capital muebles. El monto que se puede financiar es el 80% de la inversión, siendo el máximo 80000000 \$ o su equivalente en dólares. Se usa un periodo de gracia de un año y la amortización corresponde al sistema francés. La tasa de interés es de 6,27%.

La idea del proyecto es que éste sea llevado a cabo por una empresa que ya se encuentre en el rubro, ya sea el metalúrgico o el de la construcción. De esta forma lograr que la entidad financiera acepte el pedido y otorgue el capital a dicha empresa.

Además se propone operar con la sociedad de garantías recíprocas Garantizar, que es una entidad financiera cuyo objeto principal consiste en facilitar el acceso al crédito de las PyMEs y mejorar, en términos generales, sus condiciones de financiación, a través de la presentación de avales ante los bancos (un fondo de riesgo), y es la que responde en caso de que la operación sea fallida. Esta sociedad, además de hacer el análisis tradicional que efectúan los bancos, evalúa la calidad del proyecto, la reputación y profesionalismo, y contragarantías.

En la Tabla 36 se puede observar en detalle cómo se efectuará el pago del mismo.



## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Inversión fija (US\$)	1848882	Porcentaje de IF financiado		50%
Año	Cuota (US\$)	Interés (US\$)	Amortización (US\$)	Saldo (US\$)
0				924441
1	57962	57962		924441
2	289073	57962	231110	693331
3	274582	43472	231110	462221
4	260092	28981	231110	231110
5	245601	14491	231110	0
<b>TOTAL</b>	<b>1127310</b>	<b>202869</b>	<b>924441</b>	

Tabla 36: Crédito.

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.3.3.3. Flujo de fondos del inversionista

A partir del flujo de fondos del proyecto y una vez seleccionada la línea de crédito y el porcentaje de inversión fija que se desea financiar, se elabora el flujo fondos del inversionista, el cual se puede observar en la Tabla 37.

Flujo de fondos del inversionista						
	0	1	2	3	4	5
Ingresos Anuales		1941600	2428200	3036600	3888600	4863000
Egresos Anuales						
Costo de financiación		57962	57962	43472	28981	14491
Costo de producción sin depreciación		1209040	1422499	1689387	2063137	2490580
Depreciación		277332	277332	277332	277332	277332
Total Egresos		1544335	1757793	2010192	2369451	2782403
BNAI		397265	670407	1026408	1519149	2080597
Impuestos (t = 0,4)		158906	268163	410563	607660	832239
Beneficio neto		238359	402244	615845	911490	1248358
Inversión Fija	-1856382					
Capital de trabajo (4 meses)	-403013					
Terreno	7500					
Préstamo	924441					
Capital recuperado						872734
Amortización de préstamo		0	231110	231110	231110	231110
Flujo de caja de inversionista.	-1327455	515691	448466	662067	957712	1294580
<b>TIR del Inversionista</b>		<b>45,49%</b>				

Tabla 37: Flujo de fondos del inversionista.

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener conclusiones acerca de la rentabilidad del proyecto, se calcula el CPPC (Costo Promedio Ponderado del Capital) a partir de la ecuación (9), siendo:

- % Capital Propio: 50% de la inversión fija.
- % Capital Adeudado: 50% de la inversión fija.
- Ke (Costo de Capital Propio): 24% (Merlo, 2009)
- Kd (Costo de Capital de Deuda): 3,76% (interés x (1 – impuestos))

$$CPPC = \% \text{ Capital Propio} \times Ke + \% \text{ Capital Ajeno} \times Kd = 15,9\% \quad (9)$$

Al recurrir a la línea de crédito, se puede observar que la TIR del proyecto (31,22%) es mayor al CPPC (15,9%). El tiempo de repago ( $Nr = 2,14$  años) es inferior a los 2,5 años

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

correspondientes a la mitad de la vida útil del proyecto, correspondiendo Nr al año para el cual comienza a haber flujo de caja acumulado positivo. Por lo tanto, el proyecto es rentable.

Por otro lado, se observa que la TIR del inversionista (45,49%) es mayor al ke (24%), por lo que el proyecto es rentable, ya que supera la tasa mínima de retorno aceptable por el inversionista. Esto último, siempre y cuando, la capacidad de pago sea mayor a 7.

En la ecuación (10) se calcula la capacidad de pago.

$$\text{Capacidad de pago} = \frac{BNAI_{\text{año } 1}}{\text{Costo de financiación}_{\text{año } 1}} = 7,85 \quad (10)$$

Al resultar mayor a 7, la capacidad de pago es aceptable y el proyecto es rentable para el inversionista.

### 3.3.3.4. Contribución marginal y punto de equilibrio

Para obtener el costo variable unitario de la Tabla 34, se calculó en primera instancia el costo de fabricar cada uno de los elementos que constituyen los encofrados, y, luego, se calculó el costo variable unitario de cada uno como la suma de los costos de todos los elementos que los componen. Para facilitar posteriores cálculos y análisis, se decidió operar de aquí en adelante con un único costo variable unitario (263,2 US\$), promedio de los costos variables unitarios de cada tipo de encofrado.

En la ecuación (11) se calcula la contribución marginal del producto, es decir, la cantidad de los ingresos destinados a cubrir los costos fijos y a generar beneficios. Lo que representa una tasa de contribución marginal del 56%.

$$CMu = \text{Precio de venta} - \text{Costo variable unitario} = 336,8 \text{ US\$/unidad} \quad (11)$$

En la ecuación (12) se calcula el punto de equilibrio del producto.

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\text{Costo fijo total}}{\text{Contribución Marginal unitaria}} = 1884 \text{ unidades/año} \quad (12)$$

En la Figura 45 se puede observar gráficamente el punto de equilibrio, es decir, el número de unidades en la que se igualan los ingresos por ventas con los costos totales y la empresa no genera beneficios ni pérdidas.

Este punto se alcanza cuando los ingresos alcanzan los 1130615 US\$. En todos los años del proyecto se trabaja con un nivel de producción por encima del indicado, por lo que todos los años se obtendrán ganancias.

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

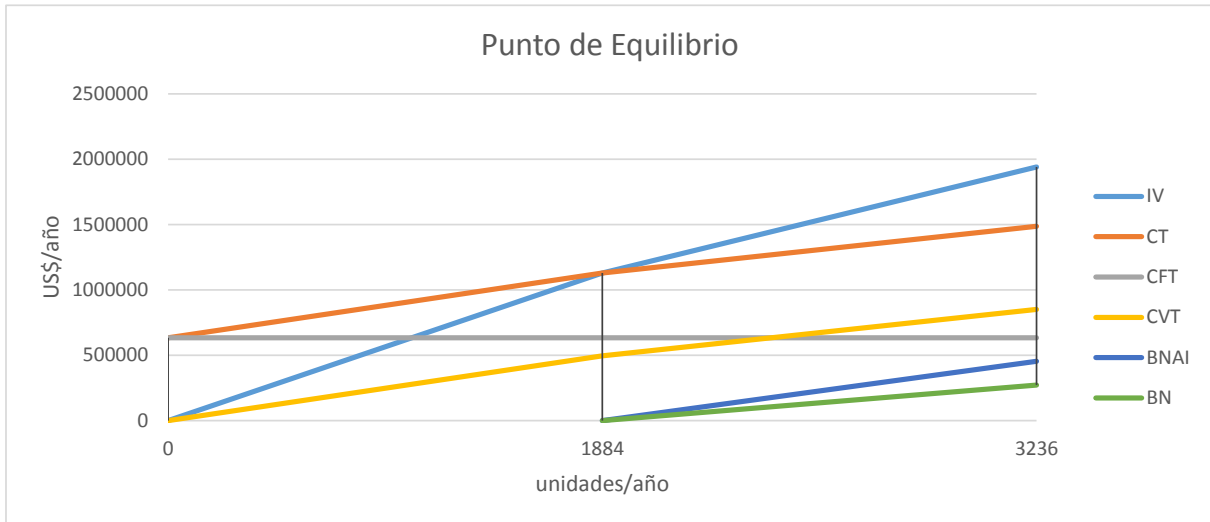


Figura 45: Punto de equilibrio.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3.5. Análisis de sensibilidad

En el punto 3.3.2.3. **Costo total y estructura de costos**, se puede observar que el costo del acero es el más significativo dentro de la estructura de costos de la empresa. Por lo tanto, esta será una de las variables a considerar dentro del análisis de sensibilidad, para evaluar cómo influye una variación en el precio del acero sobre la rentabilidad del proyecto. El otro factor que se evaluará será el efecto en la variación de los ingresos por ventas (de  $\pm 10\%$ ) debido a que se realiza una estimación de la demanda y se desea analizar los distintos escenarios posibles. Para tal fin, se apreciará la sensibilidad de cada factor individualmente, y en forma conjunta, a partir de encontrar la recta de porcentaje de desviación, en la cual todos sus puntos representan combinaciones de variaciones porcentuales que dan como resultado un valor presente igual a cero.

Para evaluar la sensibilidad de la TIR a un parámetro (costo de la materia prima acero) se necesita tener una idea real de la variación probable del parámetro. Para esto, se realizó una estimación en el porcentaje de variación del precio que puede sufrir el acero en el próximo año, en función de su evolución histórica, desde el año 2004 hasta el año 2014. La misma se puede observar en la Figura 46, que grafica el precio del acero por tonelada en los distintos años. A partir de los datos históricos, se graficó la recta de regresión asociada y se obtuvo la tasa de crecimiento del precio del acero (pendiente de la recta). Entonces, teniendo el costo del acero para el año 2014 y relación de crecimiento anual (pendiente), se estimó el costo para el año 2015 (11998,54 \$/t), lo que significa un incremento esperado de un 6,65% respecto al año anterior. Este valor es el que será utilizado para evaluar la sensibilidad en función del parámetro costo del acero.

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

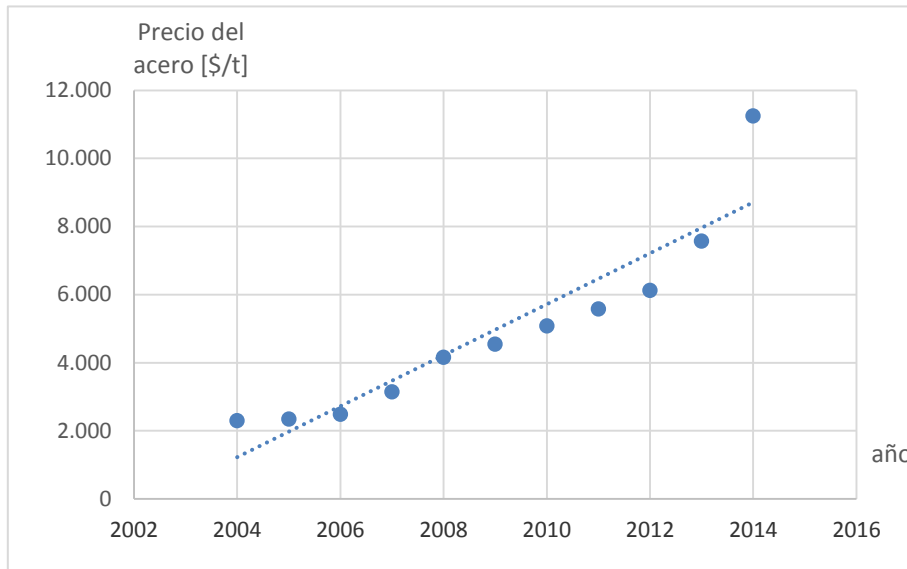


Figura 46: Costo del acero en pesos.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 47 se puede observar el efecto que produce una variación en los parámetros de ingresos por ventas y costo del acero, evaluados en forma independiente, sobre la TIR del proyecto.

La pendiente de la recta correspondiente a la variación en los ingresos por ventas es mayor que la correspondiente a la variación en el costo del acero, por lo tanto, se deduce que el efecto que produce el primero sobre la TIR es más significativo.

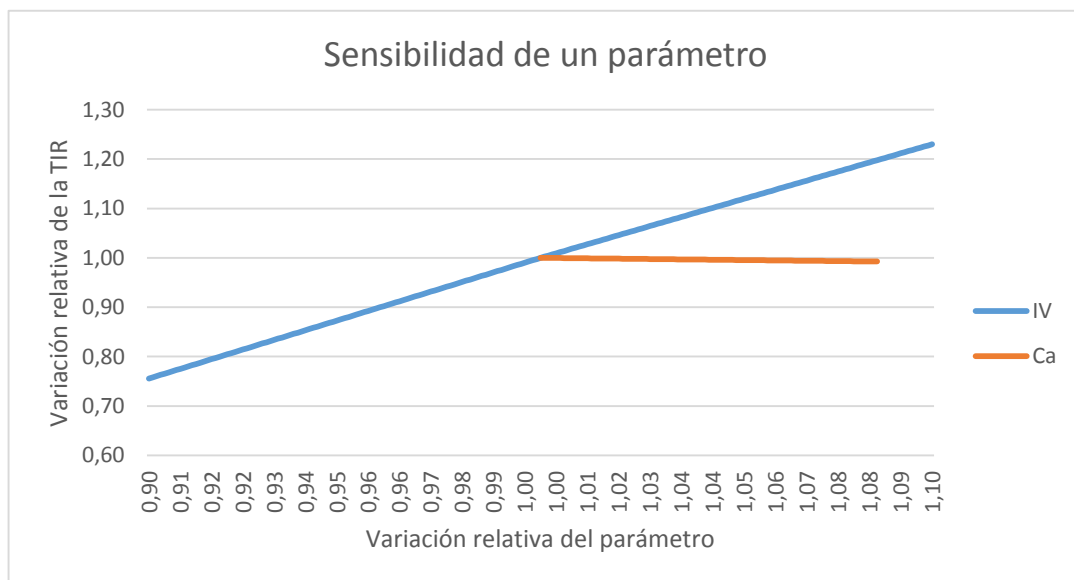
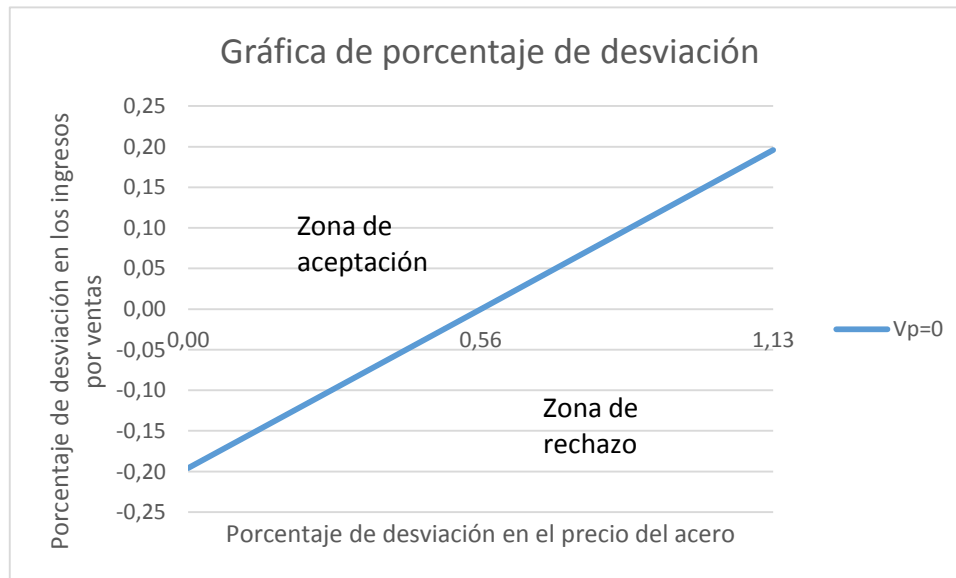


Figura 47: Sensibilidad de un parámetro.

Fuente: Elaboración propia.

Otra forma de evaluar la sensibilidad es a través de la isocuanta de la Figura 48, donde se puede observar las distintas variaciones simultáneas en el costo del acero y los ingresos por ventas, en las que el valor presente es nulo.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata



**Figura 48: Gráfica de porcentaje de desviación.**  
Fuente: Elaboración propia.

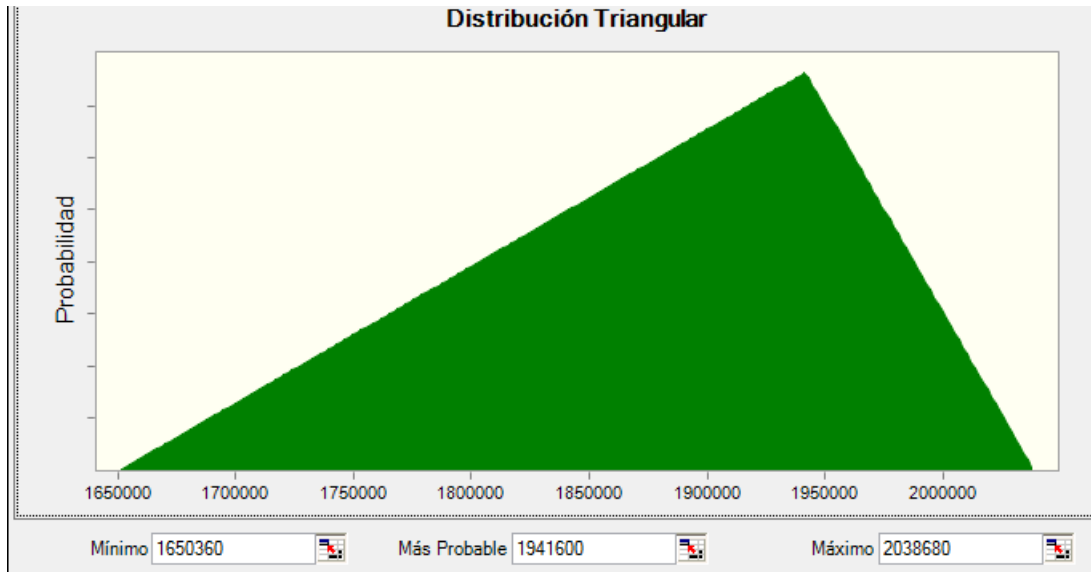
Aquellas combinaciones en la variación de los parámetros cuyo punto se localice a la izquierda de la isocuanta, generarán un valor presente positivo para el proyecto. Aquellas cuyo punto se localice a la derecha de la isocuanta, generarán un valor presente negativo. Aquí, otra vez se puede apreciar que la variación en los ingresos tiene un mayor efecto sobre la rentabilidad del proyecto, ya que el precio del acero puede aumentar hasta un 56% (sin variar los ingresos), y el proyecto sigue siendo rentable; mientras que los ingresos solo pueden reducirse en un 20% (sin que se altere el precio del acero).

Considerando la estimación realizada, que se puede esperar un aumento en el precio del acero del 6,65%, los ingresos por ventas podrían disminuir un 17,27%, y aun así el proyecto seguiría siendo aceptable.

### 3.3.3.6. Análisis de rentabilidad bajo riesgo

A continuación se presenta un análisis de riesgo, realizado mediante el método de simulación Monte Carlo y el software Crystall Ball. Para la elaboración del mismo se consideran las siguientes distribuciones de probabilidad aplicadas a: Ingresos por ventas, Costo del acero y Costo de servicios, respectivamente.

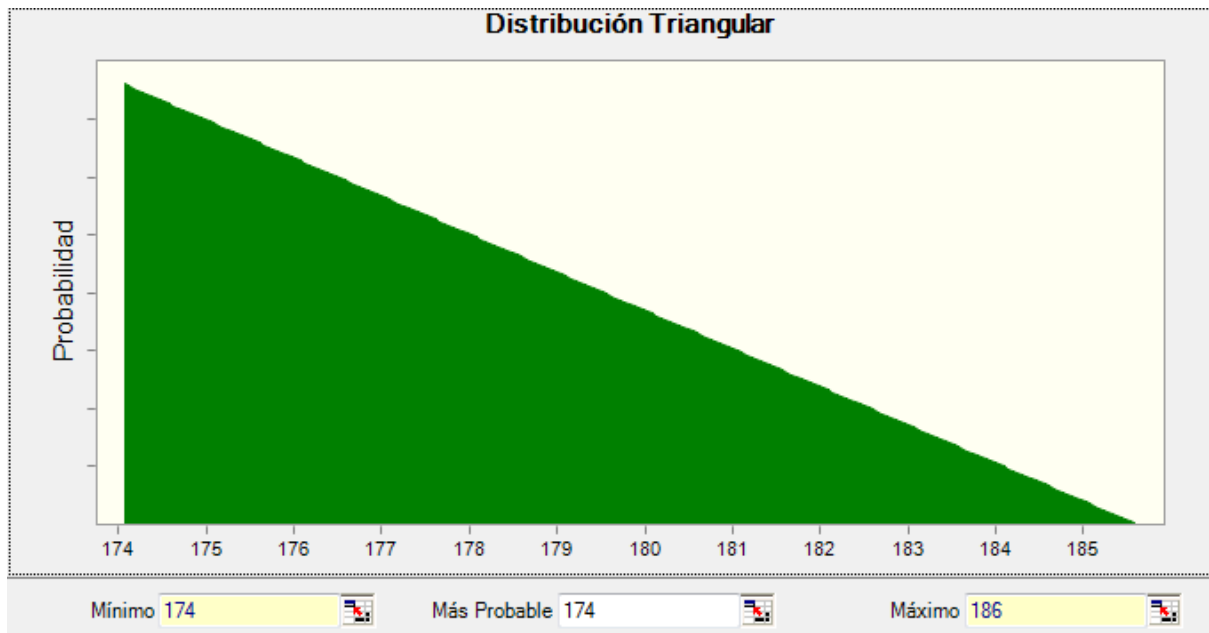
# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata



**Figura 49: Distribución triangular asociada a los ingresos por ventas.**

**Fuente: Elaboración propia.**

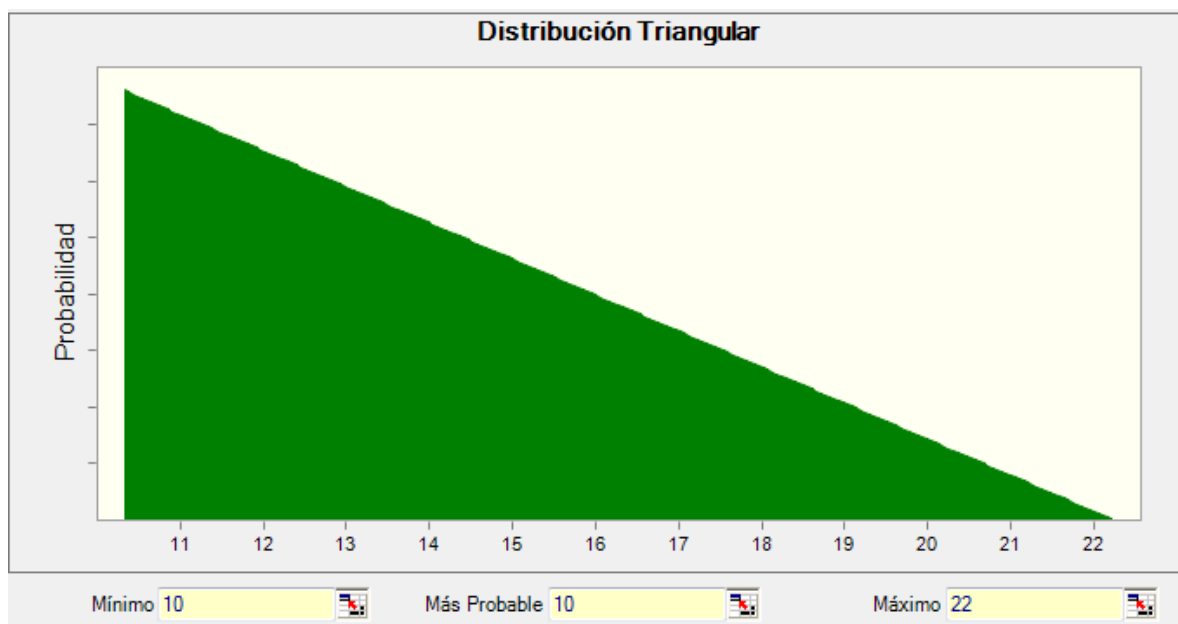
La Figura 49 corresponde a una distribución triangular para los ingresos por ventas, con variaciones previstas entre -15% y +5% del valor base. Se considera esta distribución debido a las estimaciones realizadas sobre la demanda del producto, con un criterio conservador.



**Figura 50: Distribución triangular asociada al costo del acero.**

**Fuente: Elaboración propia.**

La Figura 50 corresponde a una distribución triangular para el costo del acero, con variaciones previstas entre 0% y +6,65% del valor base. Se considera esta distribución debido a la variación prevista en el precio del acero (6,65%), determinado a partir de las variaciones históricas en el mismo.



**Figura 51: Distribución triangular asociada al costo de servicios.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

La Figura 51 corresponde a una distribución triangular para el costo de los servicios, con variaciones previstas entre 0% y +216% del valor base. Se considera esta distribución debido al aumento de las tarifas que pueden surgir por medidas políticas, considerando un aumento de 215% en la tarifa de energía eléctrica y un 275% en la de agua.

Se establecen como variables de pronóstico tanto la TIR del proyecto como la TIR del inversionista. Se realiza una simulación de 10000 iteraciones y un 95% de confiabilidad, y se obtienen los gráficos de frecuencia acumulada inversa, que se pueden observar en la Figura 52.

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

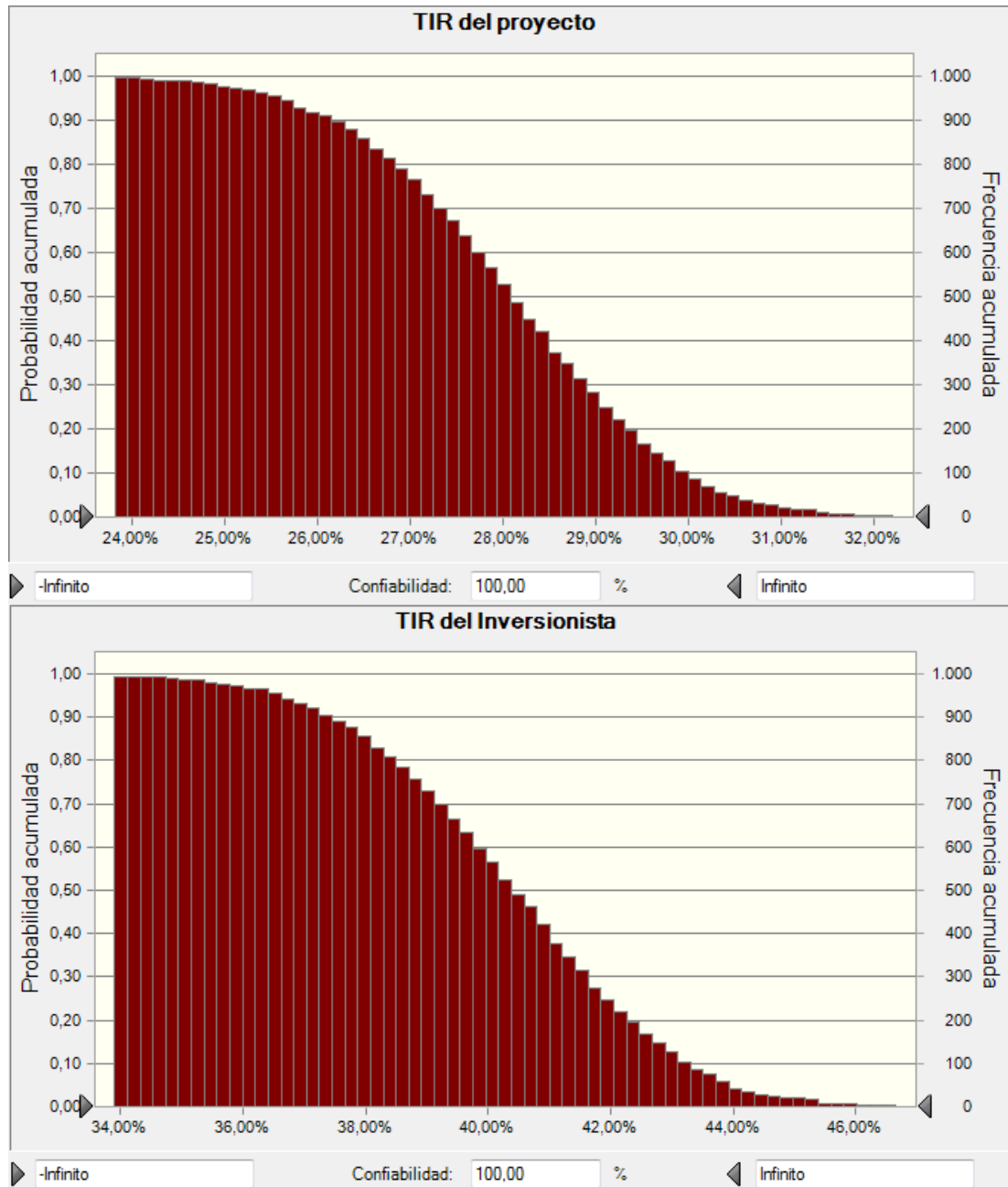


Figura 52: Gráfico de frecuencias acumuladas inversas.

Fuente: Elaboración propia.

Se concluye que hay un 100% de probabilidad de que la TIR de proyecto supere el CPPC (15,9%), y la misma probabilidad para que la TIR del inversionista supere el KE (24%). Esto se debe a que los ingresos por ventas son elevados, lo cual puede deberse a un precio de venta alto o una demanda prevista también elevada.



### 3.4. EVALUACIÓN ESTRATÉGICA

#### 3.4.1. Determinación del mercado objetivo: segmentación de mercado

La segmentación de mercado permite dividir o segmentar un mercado en grupos uniformes más pequeños que tengan características y necesidades similares. Estos segmentos son grupos homogéneos, por tal motivo es probable que respondan de manera similar a determinadas estrategias de marketing.

##### 3.4.1.1 Macrosegmentación

Para definir el mercado de referencia se debe establecer:

- Necesidades a satisfacer: Armado de columnas de hormigón armado de distintos tamaños, proveyendo la seguridad en el trabajo y un resultado acorde a la calidad esperada.
- Grupo de compradores: Empresas constructoras que trabajen con hormigón armado y que estén localizadas dentro del territorio argentino.
- Tecnologías existentes: Sistema de encofrado modular metálico, de rápido y simple armado, para columnas de hormigón.

Por lo tanto, debido al hecho de que existe un único paquete tecnológico ofrecido por la empresa (el sistema de encofrado metálico), el cual se planea para satisfacer una única necesidad a un único grupo de clientes de características similares, los esfuerzos de marketing estarán enfocados a dicho segmento. El cual puede ser visualizado gráficamente en la Figura 53.

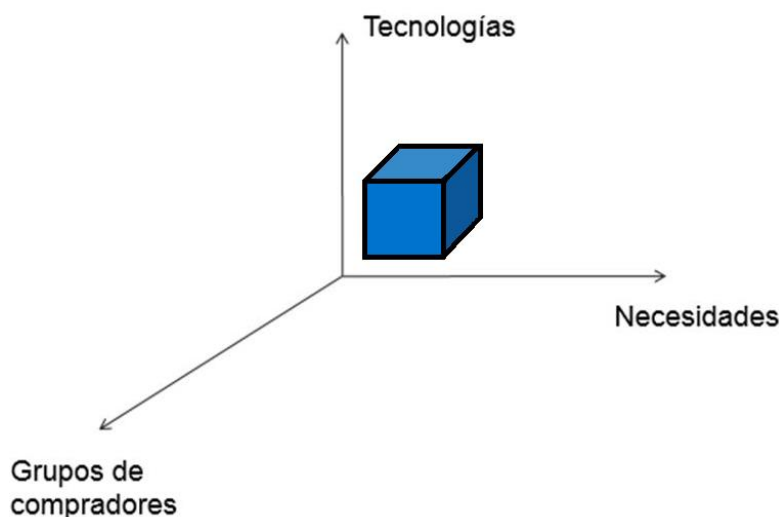


Figura 53: Definición del mercado de referencia.

Fuente: Elaboración propia.

##### 3.4.1.2. Microsegmentación

Se procede a analizar el macrosegmento resultante del análisis previo para la creación de estrategias y planes de acción eficaces.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

El criterio utilizado a la hora de realizar esta microsegmentación es por beneficios. Es decir, los clientes adquieren cierto producto por su fuerte preferencia hacia beneficios determinados que éste posee. En el caso de este producto la característica principal que se considera un beneficio por sobre el resto es la calidad de terminación superior, acompañado de la mejora en la eficiencia que puede aportar al proceso de armado del encofrado.

Según lo anterior, el segmento es el de las empresas de gran tamaño dedicadas a la actividad constructiva a gran escala, que actualmente sigan utilizando madera o placas fenólicas en sus sistemas de encofrado.

Las empresas a las cuales está orientado el producto, son aquellas que valoren y busquen la alta calidad de terminación superficial del hormigón en las obras de construcción, además de una mayor eficiencia en el proceso. Debido a que se requiere una fuerte inversión inicial en la compra del producto, para los constructores o albañiles particulares puede tratarse de un bien difícil de amortizar, que además podría tratarse de un activo inmovilizado si no es utilizado con frecuencia.

Debe tratarse de organizaciones que actualmente utilicen los sistemas tradicionales de encofrados con madera o placas fenólicas, ya que aquellas que operen con un sistema similar al que ofrece la empresa pueden resultar difíciles de convencer.

### 3.4.2. Formulación estratégica

#### 3.4.2.1 Misión y visión

Visión: Ser una empresa líder en brindar soluciones constructivas de todo tipo a partir de sistemas de encofrado industrializados, con el objetivo de favorecer el alcance de una mayor eficiencia a nuestros clientes.

Misión: Nos enfocamos en crear, desarrollar e insertar soluciones constructivas a todos nuestros clientes que desarrollan la actividad, de manera constante en el mercado nacional. Ofreciendo productos modulares, de calidad superior y de gran facilidad de utilización, con el fin de lograr mejoras de productividad en la obra. La empresa se desenvuelve en un marco de confiabilidad, mejora continua y excelencia, buscando incrementar los estándares y modificar la forma en que se viene construyendo hace más de 50 años.

#### 3.4.2.2. Etapa de entrada

- Auditoría externa

En el punto **3.1.3. Análisis de las cinco fuerzas de Porter** se detalla el análisis del mercado según el modelo correspondiente.

En la Tabla 38 se muestra la matriz de evaluación de factores externos (EFE). La puntuación total de 2,75 mayor al valor medio de 2,5, indica que la empresa tiene la

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

capacidad de aprovechar eficazmente las oportunidades y hacer frente a las amenazas del entorno.

Factores clave externos		Ponderación	Calificación	Puntaje ponderado
<b>Oportunidades</b>				
O1	No existe una empresa nacional que fabrique productos similares	0,03	2	0,06
O2	Tendencia al crecimiento de la actividad del sector de la construcción	0,15	4	0,60
O3	Clientes podrán considerar los encofrados como inversión fija y de esta forma amortizarlos	0,02	2	0,04
O4	Partes de difícil reemplazo (por su efecto sobre la calidad) favorecen vínculos con clientes	0,02	2	0,04
O5	Tendencia arquitectónica hacia estructuras de hormigón visto	0,13	4	0,52
O6	Elevado costo de la mano de obra en la construcción, por lo que este tipo de productos ayudarían a reducirlos	0,10	3	0,30
O7	No existe en el país una empresa que haya establecido un amplio liderazgo en el aprovisionamiento de sistemas de encofrados industrializados	0,04	2	0,08
O8	Disponibilidad de recursos, equipos e instalaciones nacionales para el establecimiento de una empresa de estas características	0,03	1	0,03
<b>Amenazas</b>				
A1	El sector de la construcción es un sector tradicionalista, en el que es difícil aceptación de nuevas tecnologías	0,06	2	0,12
A2	Empresas metalúrgicas ya existentes y con mayor experiencia pueden desarrollar productos similares	0,13	3	0,38
A3	Barreras de entrada bajas para desarrollo de competidores locales	0,06	2	0,12
A4	Existencia de empresas internacionales con mayor tiempo en el sector y con una mayor gama de productos compatibles entre sí	0,08	3	0,24
A5	El nivel de actividad está fuertemente condicionado por la situación económica del país	0,05	1	0,05
A6	Posibilidad que el cambio de gobierno abra las importaciones, permitiendo el ingreso de estos sistemas de encofrados extranjeros	0,07	2	0,14
A7	Creencia de que por significar una fuerte inversión, el sistema es más costoso que el método de construcción tradicional. Desconocimiento general de las ventajas de la utilización de sistemas modulares	0,03	1	0,03
<b>Total</b>		<b>1,00</b>		<b>2,75</b>

**Tabla 38: Matriz de evaluación de factores externos.**

**Fuente: Elaboración propia.**

- Auditoría interna

En la Tabla 39 se muestra la matriz de evaluación de factores internos (EFI). La puntuación total de 2,72, mayor al valor medio 2,5; indica que la posición interna de la empresa es favorable dado que las fortalezas son más importantes que las debilidades. Las estrategias adoptadas buscarán aprovechar las fortalezas de la empresa y reducir las debilidades.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Factores clave internos		Ponderación	Calificación	Puntaje ponderado
<b>Fortalezas</b>				
F1	Producto de fabricación nacional único en su tipo	0,05	1	0,05
F2	Producto modular que ofrece versatilidad para el armado de columnas de distintas dimensiones	0,08	3	0,24
F3	Producto que genera superficies de hormigón de gran calidad	0,10	4	0,40
F4	Producto de rápido armado que permite la reducción de tiempos de ejecución de obra y los costos asociados	0,09	4	0,36
F5	Posibilidad de fabricar por partes, permitiendo ajustar el inventario o requerimientos específicos de clientes	0,08	2	0,16
F6	Posibilidad de ampliación de capacidad productiva incorporando turnos	0,08	2	0,16
F7	Producto de uso simple, sin la necesidad de obreros con habilidad de carpintería	0,06	2	0,12
<b>Debilidades</b>				
D1	Bajo posicionamiento de la marca	0,08	1	0,08
D2	Precio alto del producto en comparación con el de los productos sustitutos	0,10	3	0,30
D3	Número bajo de clientes potenciales	0,05	2	0,10
D4	Requerimientos de alta fiabilidad de los equipos	0,04	2	0,08
D5	Peso comparativamente alto en relación a otros encofrados	0,09	3	0,27
D6	Unico producto ofrecido por la empresa, falta de sistemas para construir otro tipo de estructura en una obra	0,10	4	0,40
<b>Total</b>		<b>1</b>		<b>2,72</b>

**Tabla 39: Matriz de evaluación de factores internos.**

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2.3. Determinación de objetivos a largo plazo

#### Objetivos cuantitativos:

- Alcanzar participación de mercado de 6,65% en 5 años.
- Lograr un tiempo de repago menor a 2,5 años para el proyecto.
- Lograr una tasa interna de retorno para el proyecto superior a 15,9%, y para el inversionista superior al 24%.
- Lograr una cantidad de ventas anuales superior a 1884 unidades, para lograr alcanzar el punto de equilibrio.

#### Objetivos cualitativos:

- Generar relaciones estrechas con una base confiable de clientes.
- Dar a conocer la marca y el producto en el mercado, y lograr un posicionamiento satisfactorio.
- Ser un referente en el mercado en lo que se refiere a la eficiencia en el trabajo en obras de construcción.

### 3.4.2.4. Etapa de conciliación

#### • Análisis y selección de la estrategia

En la Tabla 40 se pueden observar las estrategias FODA, que resultan de las combinaciones entre las fortalezas y debilidades mencionadas en la matriz EFI, y las oportunidades y amenazas mencionadas en la matriz EFE.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

<b>Matriz de las estrategias FODA</b>
<b>Estrategias FO</b>
<u>Estrategia 1:</u> Aprovechar la creciente tendencia a la construcción con hormigón visto, comunicando a los clientes la existencia de una empresa nacional, que fabrica y comercializa un producto con acabado superficial de gran calidad; y eficiente en cuanto a tiempos y costos. (F1, F2, F3, F4, F7; O1, O2, O5, O6)
<u>Estrategia 2:</u> Garantizar al cliente una alta capacidad de respuesta a partir de la disponibilidad de recursos, equipos e instalaciones; y la posibilidad de ampliar la capacidad productiva a partir de la incorporación de turnos. (F5, F6; O7)
<b>Estrategias DO</b>
<u>Estrategia 3:</u> Explicar al cliente que la alta inversión requerida inicialmente, se justifica debido a la extensa vida útil del producto y la posibilidad de amortizarlo. (D2; O2, O3, O5)
<u>Estrategia 4:</u> Aprovechar la dificultad de reemplazar componentes del producto para generar vínculos a largo plazo con los clientes potenciales. (D3; O1, O4)
<b>Estrategias FA</b>
<u>Estrategia 5:</u> Hacer frente al tradicionalismo del sector de la construcción a partir de la posibilidad de reducción de tiempos de ejecución de obra y los costos asociados. (F2, F4; A1)
<u>Estrategia 6:</u> Desmentir la creencia de que por significar una fuerte inversión inicial, el sistema resulta más costoso que los tradicionales, a partir de estrategias de comunicación que describan los beneficios del producto y su impacto en los costos de construcción. (F2, F3, F4, F7; A7)
<b>Estrategias DA</b>
<u>Estrategia 7:</u> Ofrecer un producto de menor costo que los sistemas extranjeros, con el objetivo disminuir el impacto de la alta inversión inicial requerida y atraer a los potenciales clientes. (D1, D3; A4, A5, A6, A7)
<u>Estrategia 8:</u> Realizar acuerdos con distribuidores para que ofrezcan el producto a los clientes potenciales (D1; A4)

**Tabla 40: Estrategias FODA.**

**Fuente: Elaboración propia.**

### 3.4.2.5. Etapa de decisión

En la Tabla 41 se puede observar la matriz de planeación estratégica cuantitativa (MPEC). Se extrae como conclusión que la estrategia más atractiva en función de los factores internos y externos claves, y que por lo tanto es la que se selecciona para el desarrollo en la empresa, es la estrategia 1 de la Tabla 40.

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Factor Clave	Ponderación	Estrategia 1		Estrategia 2		Estrategia 3		Estrategia 4		Estrategia 5		Estrategia 6		Estrategia 7		Estrategia 8	
		PA	PTA	PA	PTA	PA	PTA	PA	PTA	PA	PTA	PA	PTA	PA	PTA	PA	PTA
<b>Oportunidades</b>																	
No existe una empresa nacional que fabrique productos similares	0,03	3	0,09	3	0,09	1	0,03	1	0,03	1	0,03	1	0,03	4	0,12	4	0,12
Tendencia al crecimiento de la actividad del sector de la construcción	0,15	4	0,60	1	0,15	3	0,45	1	0,15	2	0,30	2	0,30	1	0,15	1	0,15
Clientes podrán considerar los encofrados como inversión fija y de esta forma amortizarlos	0,02	1	0,02	1	0,02	3	0,06	2	0,04	1	0,02	3	0,06	3	0,06	1	0,02
Partes de difícil reemplazo (por su efecto sobre la calidad) favorecen vínculos con clientes	0,02	2	0,04	2	0,04	1	0,02	3	0,06	2	0,04	2	0,04	2	0,04	2	0,04
Tendencia arquitectónica hacia estructuras de hormigón visto	0,13	4	0,52	1	0,13	1	0,13	1	0,13	3	0,39	3	0,39	1	0,13	2	0,26
Elevado costo de la mano de obra en la construcción, por lo que este tipo de productos ayudarían a reducirlos	0,10	4	0,40	1	0,10	4	0,40	1	0,10	3	0,30	3	0,30	2	0,20	4	0,40
No existe en el país una empresa que haya establecido un amplio liderazgo en el aprovisionamiento de sistemas de encofrados industrializados	0,04	3	0,12	1	0,04	3	0,12	2	0,08	1	0,04	3	0,12	2	0,08	4	0,16
Disponibilidad de recursos, equipos e instalaciones nacionales para el establecimiento de una empresa de estas características	0,03	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>Amenazas</b>																	
El sector de la construcción es un sector tradicionalista, en el que es difícil aceptación de nuevas tecnologías	0,06	3	0,18	2	0,12	2	0,12	1	0,06	4	0,24	3	0,18	2	0,12	2	0,12
Empresas metalúrgicas ya existentes y con mayor experiencia pueden desarrollar productos similares	0,13	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Barreras de entrada bajas para desarrollo de competidores locales	0,06	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Existencia de distribuidores, que ofrecen productos de empresas internacionales con mayor tiempo en el sector y con una mayor gama de productos compatibles entre sí	0,08	1	0,08	2	0,16	1	0,08	3	0,24	1	0,08	1	0,08	2	0,16	4	0,32
El nivel de actividad está fuertemente condicionado por la situación económica del país	0,05	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Posibilidad que el cambio de gobierno abra las importaciones, permitiendo el ingreso de estos sistemas de encofrados extranjeros	0,07	3	0,21	1	0,07	2	0,14	1	0,07	2	0,14	3	0,21	4	0,28	4	0,28
Creencia de que por significar una fuerte inversión, el sistema es más costoso que el método de construcción tradicional. Desconocimiento general de las ventajas de la utilización de sistemas	0,03	3	0,09	1	0,03	3	0,09	1	0,03	3	0,09	4	0,12	3	0,09	3	0,09
	1,00																
<b>Fortalezas</b>																	
Producto nacional único en su tipo	0,05	2	0,10	1	0,05	1	0,05	2	0,10	1	0,05	1	0,05	2	0,10	1	0,05
Producto modular que ofrece versatilidad para el armado de columnas de distintas dimensiones	0,08	3	0,24	1	0,08	1	0,08	1	0,08	3	0,24	3	0,24	2	0,16	3	0,24
Producto que genera superficies de hormigón de gran calidad	0,10	3	0,30	1	0,10	2	0,20	1	0,10	3	0,30	3	0,30	2	0,20	3	0,30
Producto de rápido armado que permite la reducción de tiempos de ejecución de obra y los costos asociados	0,09	4	0,36	1	0,09	3	0,27	1	0,09	4	0,36	4	0,36	1	0,09	1	0,09
Posibilidad de fabricar por partes, permitiendo ajustar el inventario o requerimientos específicos de clientes	0,08	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Posibilidad de ampliación de capacidad productiva incorporando turnos	0,08	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Producto de uso simple, sin la necesidad de obreros con habilidad de carpintería	0,06	3	0,18	1	0,06	2	0,12	1	0,06	3	0,18	4	0,24	2	0,12	2	0,12
<b>Debilidades</b>																	
Empresa nueva en el sector y sin experiencia. Sin posicionamiento de la marca	0,08	4	0,32	2	0,16	1	0,08	1	0,08	4	0,32	3	0,24	4	0,32	4	0,32
Precio alto del producto en comparación con el de los productos sustitutos	0,10	1	0,10	1	0,10	4	0,40	2	0,20	2	0,20	3	0,30	4	0,40	3	0,30
Número bajo de clientes potenciales	0,05	1	0,05	1	0,05	2	0,10	4	0,20	1	0,05	1	0,05	2	0,10	4	0,20
Requerimientos de alta fiabilidad de los equipos	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Peso comparativamente alto en relación a otros encofrados	0,09	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Unico producto ofrecido por la empresa, falta de sistemas para construir otro tipo de estructura en una obra	0,10	2	0,20	1	0,10	1	0,10	2	0,20	4	0,40	2	0,20	2	0,20	3	0,30
	1,00																
<b>Suma total de las puntuaciones del grado de atractivo</b>			<b>4,2</b>		<b>1,74</b>		<b>3,04</b>		<b>2,1</b>		<b>3,77</b>		<b>3,81</b>		<b>3,12</b>		<b>3,88</b>

**Tabla 41: Matriz de planeación estratégica competitiva.**

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.3. Determinación de la estrategia comercial

Se utiliza la Matriz de Ansoff para determinar la estrategia comercial de la que se desprenderán las líneas de acción del mix de marketing. Las cuales facilitarán el alcance de los objetivos de la empresa.

La empresa busca insertar el producto en un mercado existente y atendido por un producto sustituto: el encofrado de madera. La estrategia comercial a implementar es la de penetración de mercado.

Para lograr una exitosa introducción del producto en el mercado, se apunta a captar clientes que utilizan productos sustitutos. Por lo tanto se considera actuar sobre los siguientes puntos:

- Posicionar la marca
- Ofrecer un precio competitivo
- Realizar esfuerzos promocionales

A partir de dichos puntos, se determinan las líneas de acción de los elementos que componen el mix de marketing.

### 3.4.4. Mix de Marketing

A continuación se detallan los elementos del mix de marketing: producto, precio, distribución y comunicación. El desarrollo de los mismos se encuentra orientado según la estrategia comercial seleccionada.

#### 3.4.4.1 Producto

El objetivo es ofrecer a empresas del sector de la construcción un producto diferenciado en la alta calidad, que permita:

- La generación de estructuras de buena calidad de terminación, tanto en el aspecto técnico-estructural como en el estético-arquitectónico
- La utilización de piezas modulares, que permitan la reducción en cantidad y diversidad de piezas en stock del cliente, permitiendo la intercambiabilidad de partes, sin perder la posibilidad de armar columnas de distintas dimensiones
- El armado y desarmado simple y rápido sin la necesidad de que el obrero tenga algún conocimiento especial y sin la necesidad de utilizar herramienta alguna, reduciendo tiempos y mejorando la eficiencia
- Favorecer al orden y reducir los desperdicios presentes en la obra por la no utilización de los materiales tradicionales
- Colocar la marca y número de lote en cada placa principal, de tal forma que sea posible realizar un seguimiento de trazabilidad sobre el producto, y a partir de ello

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

obtener retroalimentación sobre: modos de falla, vida útil e información sobre lote de fabricación.

Básicamente, se busca instalar una nueva filosofía en la actividad de la construcción, el PPM, para cambiar la forma en que se piensa el trabajo en una obra, y que permita mejorar la eficiencia y la eficacia, evolucionando de las formas tradicionales.

Se buscará crear y desarrollar una marca fuerte y seria que permita atraer a los grandes clientes que perciban y valoren las características descritas previamente. Para esto, la empresa deberá ir mejorando la eficiencia interna de sus procesos, tendiendo hacia la automatización, a medida que vaya logrando un mejor posicionamiento en el mercado.

### 3.4.4.2. Precio

El precio de venta del producto se determina a partir de los costos totales de producción, el precio de productos similares que compiten en el mercado y el hecho de que el producto se encuentra en etapa de introducción al mercado, por lo tanto es necesario contar con un precio competitivo que permita captar clientes y sostener el proyecto en forma rentable.

Se establece un precio de venta de 600US\$, resultando entre un 40% y un 50% superior a los costos totales de producción. Este precio de venta es aproximadamente un 50% menor que el precio del encofrado plástico, que es un competidor directo y que aún no está establecido en el mercado. Ante un competidor que ofrece beneficios similares al del encofrado metálico, se adiciona un precio bajo que constituye una ventaja comercial.

### 3.4.4.3. Comunicación

El objetivo de la comunicación es dar a conocer este nuevo producto en el mercado y generar la demanda del mismo, logrando una fidelización de los clientes y un posicionamiento de la empresa basado en la calidad del producto ofrecido y de los resultados que éste provee.

Por el tipo de producto ofrecido y el tipo de clientes al que está dirigido, se requiere de una estrategia de comunicación del tipo industrial. A continuación se detallan los distintos elementos que componen la estrategia de comunicación utilizados:

- **Publicidad informativa:** se publicitará en revistas relacionadas con la actividad de la construcción y la arquitectura con difusión nacional, que son adquiridas mensualmente por las empresas objetivo. Estas publicaciones proveen información sobre costos de obras, de personal involucrado en las mismas, desarrollo del sector, nuevas tecnologías implementadas, tendencias arquitectónicas, etc. En principio, se publicitará en las revistas con mayor rodaje como lo son la Revista Vivienda, Revista Obra y Revista Arquitectura y Construcción.



## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

- Ventas personales y marketing directo: debido a que cada uno de los clientes potenciales es de gran importancia, debido a su gran tamaño, posibilidad de compra y por la cantidad que existe en el mercado, se requiere de personal capacitado en ventas que pueda visitar a los representantes en sus oficinas e incluso invitarlos a la misma instalación de la empresa, para dar una demostración personal del producto. El marketing directo se utilizará con el objetivo de, una vez concretada la venta, mantener una relación cercana con los clientes y obtener retroalimentación sobre el desempeño del producto, y de esta forma poder brindar una rápida respuesta y/o detectar problemas en el proceso productivo.
- Exposiciones comerciales: se participará en las ferias más importantes de la construcción que se llevan a cabo anualmente en la Argentina (La Rural): la BATIMAT Expovivienda (Exposición Internacional de la Construcción y la Vivienda) y la FEMATEC (Feria Internacional de Materiales y Tecnologías para la Construcción).

La BATIMAT es una vidriera en donde se exhiben las últimas tendencias en materia de innovaciones, tecnologías, productos y servicios; y el lugar en donde se generan las oportunidades de negocios, la concreción de nuevas relaciones y el afianzamiento de vínculos en un marco de altísima calidad y prestigio. Cada año recibe a más de 100.000 visitantes.

La FEMATEC es la feria de mayor trayectoria de la Argentina, donde se realizan congresos, seminarios, conferencias, lanzamientos de productos, demostraciones y talleres relacionados con: maquinarias y equipos para obras, materiales, revestimientos, aberturas, servicios, equipamientos y nuevas tecnologías. Es un espacio en la que la empresa puede insertarse en el mercado, dar a conocer su producto, forjar buenos contactos de negocios y fortalecer sus relaciones comerciales.

- Internet: se creará una página web que contenga información institucional (misión, visión, valores), información de contacto, catálogo de productos, novedades y futuros proyectos de la empresa. Pero sobre todo se resaltarán las características del producto, funciones y ventajas. Se presentarán trabajos sobre las ventajas de implementar la filosofía PPM en las obras y se subirán videos demostrativos del uso rápido y simple del encofrado, comparándolo con los métodos de trabajo tradicionales.

Para desarrollar este pilar, se destinará un total de 100.000 US\$/año al área de ventas para financiar las tareas de comunicación enumeradas en este apartado.

#### **3.4.4.4. Distribución**

El objetivo de la distribución es el de acercar el producto en cuestión al cliente. Debido a que la cantidad de productos y las distancias de envío pueden tener una alta variación de un cliente a otro, además de una baja frecuencia, se genera una alta ineficiencia logística para la empresa.

# Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

La empresa comercializará el producto directamente en planta, dejando bajo responsabilidad del cliente la selección, contratación y costo del medio de transporte a sus instalaciones.

## 3.5 ANÁLISIS DE SITUACIÓN

Los cambios económicos ocurridos desde el inicio de trabajo al momento actual, llevan a realizar una nueva evaluación a fin de determinar el impacto de estas variaciones sobre el proyecto. Por este motivo, se relevaron aquéllos parámetros que pueden afectar el resultado del estudio realizado, entre estos se encuentran:

- Valor actual del tipo de cambio: 15,5 \$/US\$.
- Inflación en pesos = +34%. Asociada al aumento del precio del acero. Se aplica este porcentaje a todos los precios de materias primas y equipos cuyos presupuestos se encontraban en pesos.
- Paritarias para sector metalúrgico = +35%. Acuerdo previsto por la UOM
- Paritarias para trabajadores de comercio = +30%. Acuerdo previsto por FAECYS
- Tarifa de energía eléctrica = +215%. Aumento previsto por EDEA
- Tarifa del servicio de agua = +275%. Aumento previsto por Obras Sanitarias S.E.

En función de estos nuevos valores, se repite el estudio económico desarrollado en el capítulo **3.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA**, obteniéndose los siguientes resultados significativos:

- Variación del tipo de cambio = +66%.
- Variación del costo de materia prima = -25%
- Variación del costo de mano de obra directa = -19%
- Variación del costo de administración y dirección = -21%
- Variación del costo de ventas y distribución = -7%
- Variación del costo de servicios = +6%
- Variación de los costos totales de producción = -18%
- Variación de la TIR del proyecto = +30%
- Variación de la TIR del inversionista = +33%

Como resultado de este análisis se obtuvo una mayor rentabilidad para el proyecto al pasar de una TIR de 31,22 a una de 40,72%. Esta mejora en la rentabilidad se debe a que el aumento en los costos de producción (materias primas, servicios, mano de obra, etc.) es inferior al aumento en el tipo de cambio entre la moneda argentina y el dólar. Es decir, que el aumento en los costos, producto de la inflación y acuerdos por paritarias, no logran alcanzar o equilibrar el efecto producido por la devaluación.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

Por otra parte, se recomienda avanzar con un análisis de demanda con información primaria, realizando entrevistas a los potenciales clientes para determinar con mayor precisión el número de éstos que realmente estaría dispuesto a realizar la inversión necesaria para adquirir el producto y en qué cantidad compraría. Este tipo de acciones no se pudieron realizar para este trabajo por una limitación en los recursos que se tenían a disposición.

#### **IV. CONCLUSIONES**

En el presente trabajo se realizó un análisis de factibilidad para la instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en la ciudad de Mar del Plata. Se estableció una duración del proyecto de 5 años.

En referencia al producto, es del tipo modular, cuyas piezas son fácilmente ensamblables y de dimensiones estándares, que permiten un mejor acabado para la edificación de columnas de hormigón visto. Cuenta además con una vida útil superior a los sistemas tradicionales, pudiendo resultar una opción atractiva para un mercado dedicado a la construcción intensiva.

La actividad de la construcción es desarrollada en el país por pequeñas, medianas y grandes empresas, por lo que se estableció el volumen de producción necesario para satisfacer a una porción del mercado objetivo determinada. Dicha porción del mercado se encuentra atendida por productos sustitutos, de los cuales se desconoce la oferta actual. Debido a ello se realizó un análisis de demanda derivada, estimado a partir de diferentes consideraciones, que permitió establecer la demanda de la empresa.

Se diseñó el proceso productivo a partir de la elaboración de la memoria técnica, donde se establecieron los equipos, instalaciones, materia prima, mano de obra, y servicios requeridos. Se determinó una distribución en planta eficiente para el desarrollo de la actividad, y la localización de dicha planta en el Parque Industrial General Savio.

Se realizó un estudio económico para determinar la factibilidad económica del proyecto resultando una inversión total de 2251896 US\$, una TIR del proyecto de 31,22% superior al CPPC (15,9%); con un tiempo de repago estimado en 2,14 años, el cual no supera la mitad de la duración del proyecto. Por lo tanto, el proyecto es rentable.

Se evaluó la posibilidad de acceder a una línea de crédito para financiar el 50% de la inversión fija, para lo cual se seleccionó la Línea PYME del BICE, que cuenta con una tasa de interés de 6,27%. Se obtuvo como resultado una TIR del inversionista de 45,49%, superior al Ke (24%); con una capacidad de pago de 7,85 mayor que 7. Por lo tanto el proyecto es rentable para el inversionista, lo que permite a la empresa acceder a la línea de crédito.

Se efectuó un análisis de sensibilidad de a un parámetro, considerando el costo del acero y los ingresos por ventas; y también se obtuvo la isocuanta, considerando los mismos parámetros, para evaluar su influencia sobre la TIR. Se concluyó que la TIR del proyecto es poco sensible a la variación en el costo del acero, y medianamente sensible la variación en los ingresos por ventas.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

Se realizó un análisis de rentabilidad bajo riesgo, asignándole distribuciones de probabilidad a la variación en el costo del acero, costo de servicios e ingresos por ventas en forma simultánea. Se concluyó que la probabilidad de que el proyecto sea rentable, aun produciéndose dichas variaciones, es del 100%.

Se seleccionó el segmento del mercado adecuado para la orientación del producto, y se estableció la estrategia de marketing correspondiente para ingresar el producto al mercado y facilitar el cumplimiento de los objetivos de ventas. La estrategia seleccionada fue la de segmentación enfocada a un segmento. A partir de la estrategia se determinaron las líneas de acción correspondientes a las variables que componen el mix de marketing, sobre todo en la comunicación debido a que se trata de un producto en etapa de introducción al mercado.

## V. BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Argentina del Hormigón Elaborado (2012). Extraído el 18 de agosto de 2015, de <http://www.hormigonelaborado.com/default.asp?IDSEC=62&IDCONTPRI=822>
- BATIMAT. Extraído el 30 de marzo de 2016 de [www.batev.com.ar/](http://www.batev.com.ar/)
- BERENSON MARK – LEVINE DAVID – KREHBIEN TIMOTHY (2001). Estadística para la administración. Ed. Prentice Hall 2° ed.
- BLANK LELAND – TARQUIN ANTHONY (2006). Ingeniería Económica. Ed. McGraw Hill 6° ed.
- COARCO S.A. (2015). Extraído el 30 de julio de 2015 de <http://www.coarco.com.ar/>
- CONSCA (2015). Extraído el 30 de julio de 2015 de <http://www.consca.com/empresa-constructora/>
- DAVID FRED R. (2008). Conceptos De Administración Estratégica. Ed. Pearson Education.
- EDEA (2016). Extraído el 12 de enero de 2016 de <http://www.edeaweb.com.ar/>
- El Blog de Anida (2013). Extraído el 18 de agosto de 2015, de <http://blog.anida.es/hormigon-en-interiores-un-material-atractivo-incluso-para-el-mobiliario/>
- ESTEVEZ E HIJOS S.A. (2015). Extraído el 1 de agosto de 2015 de <http://www.estevezehijos.com.ar/>
- FAECYS (2015). Extraído el 11 de diciembre de 2015, de <http://www.faecys.org.ar/>
- Ficha técnica de fosfato de cinc (2015). Extraído el 13 de noviembre de 2015 de [http://www.qtrue.com.ar/download/Seminario\\_de\\_Fosfato\\_Teoria.pdf](http://www.qtrue.com.ar/download/Seminario_de_Fosfato_Teoria.pdf)
- Ficha técnica KELCOT E-408 (2015). Extraído el 13 de noviembre de 2015 de [http://www.kelcot.com.ar/fichas\\_tecnicas/pinturas/KELCOT-E-408.doc](http://www.kelcot.com.ar/fichas_tecnicas/pinturas/KELCOT-E-408.doc)
- Ficha Técnica SAE1020 (2015). Extraído el 25 de Noviembre de 2015 de <http://www.acerosbravo.cl/imgmodulo/Imagen/108.pdf>
- GOOGLE MAPS (2015). Extraído el 11 de noviembre de 2015 de <https://www.google.com.ar/maps/preview>
- HAPPEL JOHN – JORDAN DONALD G. (1981). Economía de los procesos químicos. Ed. Reverté.
- IDITS (2005). Extraído de <http://www.actualizarmiweb.com/sites/sectorconstruccion-com-ar/publico/files/informeconstruccion.pdf>
- IMASA (2015). Extraído el 1 de agosto de 2015 de <http://www.imasaconstructora.com.ar/>
- INDEC (2015). Extraído el 17 de agosto de 2015 de <http://www.indec.mecon.ar/>
- KRAJEWSKI LEE (2008). Administración de operaciones, procesos y cadena de valor. Ed. Prentice Hall 8° ed.
- LA REVISTA INGENIERÍA DE CONSTRUCCIÓN (1997). 15° Entrega.
- LEVY ALBERTO (1998). Marketing avanzado. Ed. Granica 3° ed.
- MERLO, M.G. (2009). Extraído el 3 de marzo de 2016 de

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

<http://mba.americaeconomia.com/biblioteca/papers/cual-es-la-tasa-de-corte-en-la-argentina>

- MEYERS FRED – STEPHENS MATTHEW (2006). Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. Ed. Prentice Hall 3° ed.
- MINISTERIO DE PRODUCCIÓN DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (2015). Extraído el 20 de noviembre de 2015 de [http://www.mp.gba.gov.ar/sicm/agrupamientos/agrup\\_detalle/parque\\_detalle.php?id=2624338314](http://www.mp.gba.gov.ar/sicm/agrupamientos/agrup_detalle/parque_detalle.php?id=2624338314)
- MUNICIPALIDAD DE GENERAL PUEYRREDÓN. Extraído el 11 de noviembre de 2015 de <http://www.mardelplata.gob.ar/Contenido/parque-industrial>
- MUNICIPALIDAD DE GENERAL PUEYRREDÓN. Extraído el 11 de noviembre de 2015 de <http://appsvr.mardelplata.gob.ar/consultas/appcontainer/appcontainer.asp?app=COT>
- ORDENANZA MUNICIPAL N°22078 (2015). Expediente D.E.:15959-0-2014. Departamento deliberante de la Municipalidad del Partido de General Pueyrredón.
- ORDENANZA MUNICIPAL N°7010. Extraído el 11 de noviembre de 2015 de <http://www.concejomdp.gov.ar/biblioteca/docs/o7010.htm>
- PORTER MICHAEL (1980). Competitive Strategy: Techniques For Analyzing Industries And Competitors. Ed. Free Press (University of Michigan).
- SAPAG CHAIN, N y SPAG CHAIN R (2003). Preparación y Evaluación de proyectos. Ed. Mc Graw Hill 4° ed.
- SAPAG CHAIN, N. (2007). Proyectos de inversión. Formulación y evaluación. Ed. Pearson Educación de México S.A. de C.V.
- SEMYRAZ (2006). D.J. Preparación y Evaluación de Proyectos de Inversión. Osmar Buyatti librería Editorial. 1° ed.
- UOM (2016). Extraído el 26 de febrero de 2016 de <http://www.uom.org.ar/>

## VI. ANEXO

El siguiente anexo sirve como complemento para algunos de los temas tratados en el presente trabajo, como lo son: un capítulo del reglamento CIRSOC 201-2005 (referente al diseño de los encofrados); un cálculo justificativo de la necesidad de realizar un tratamiento al efluente generado durante el proceso de fosfatizado; y el cálculo para determinar la categorización de la planta.

### ANEXO I: 6.1. CAPÍTULO 6. SISTEMAS DE ENCOFRADOS. CAÑERÍAS PARA CONDUCCIÓN DE FLUIDOS, INCLUIDAS EN LA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN

#### 6.0. SIMBOLOGÍA

*h* altura del hormigón fresco por encima del punto considerado, en m.

*p* presión lateral sobre el encofrado, en kPa.

*M* madurez, en °C por hora ó °C por día.

*T* temperatura en el interior del hormigón, en °C.

$\gamma_c$  masa unitaria del hormigón fresco, en kg/m<sup>3</sup>.

$\Delta t$  duración del curado a la temperatura *T*, en días u horas.

#### 6.1. ENCOFRADOS, PUNTALES, ARRIOSTRAMIENTOS Y OTROS ELEMENTOS DE SOSTÉN

##### 6.1.1. Exigencias generales

6.1.1.1. La **Empresa Contratista** será responsable del diseño y de la elaboración de los planos generales y de detalle de los **encofrados**, **cimbras**, **apuntalamientos**, **arriostramientos** y de sus eventuales **reapuntalamientos**, como así también de su construcción y mantenimiento.

6.1.1.2. Previamente a su construcción, la **Empresa Contratista** debe someter a la **aprobación del Director de Obra** las memorias de cálculo y los planos generales y de detalle correspondientes al **sistema de encofrados** a utilizar, en los siguientes casos:

a) Cuando sea requerido por el **Director de Obra**, para estructuras de hormigón con luces de tramos menores de **7 m**.

b) **Obligatoriamente**, para estructuras de hormigón con luces de tramos iguales o mayores de **7 m**.

c) **Obligatoriamente**, cuando la estructura se deba hormigonar respetando una secuencia determinada para minimizar los efectos de la **contracción por secado**.



## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

d) **Obligatoriamente**, cuando se reapuntale en parte o toda la estructura de hormigón. **La Empresa Contratista** debe desarrollar el procedimiento y el programa para la remoción de los puntales y la colocación de los reapuntamientos, y para el cálculo de las cargas que se deben transferir a la estructura durante dicho proceso.

e) **Obligatoriamente**, para estructuras a construir en zonas sísmicas.

f) **Obligatoriamente**, para estructuras especiales tales como arcos, cáscaras, estructuras espaciales y estructuras pretensadas.

Las memorias de cálculo y los planos de detalles de las estructuras temporarias deben formar parte de la documentación de la obra.

**6.1.1.3.** La aprobación de las memorias de cálculo y de los planos de detalles del sistema de encofrados, **no releva a la Empresa Contratista de su responsabilidad** y de construir y mantener correctamente el sistema de encofrados propuesto.

**6.1.1.4. Todas las estructuras de carácter temporario**, tales como encofrados, cimbras, apuntalamientos, reapuntamientos y otras similares que se requieran por razones de orden constructivo, deben cumplir con las siguientes condiciones:

a) Se deben proyectar de tal forma que al ser construidas en la obra no dañen a los elementos estructurales o a los sectores de estructura ya construidos.

b) Se deben construir con materiales de características tales que les permitan cumplir las funciones para las que fueron diseñadas, con el grado de seguridad establecido en este Reglamento.

**6.1.1.5.** Cuando sea necesario apoyar **cargas de origen constructivo** sobre elementos estructurales o sectores de estructuras encofrados y apuntalados, se debe verificar por cálculo que los esfuerzos originados por dichas cargas sean iguales o menores que los esfuerzos con los cuales se diseñó el encofrado y su apuntalamiento.

### **6.1.2. Encofrados**

**6.1.2.1.** Los **encofrados** deben ser resistentes, rígidos y suficientemente indeformables como para mantener las formas, dimensiones, niveles y alineamientos especificados en los planos, con las tolerancias dimensionales y de posición establecidas en el artículo 6.5.

**6.1.2.2.** Los **encofrados** se deben construir con madera, chapas de acero, de madera compensada, fenólico, plástico o con cualquier otro material que cumpla con las condiciones establecidas en el artículo 6.1.2.1., debiendo ser estancos para evitar las pérdidas de mortero durante las operaciones de hormigonado. Dichos materiales, al ponerse en contacto con el hormigón fresco, no deben ablandarlo, decolorarlo, mancharlo ni perjudicar en forma alguna su superficie.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

**6.1.2.3.** Los **encofrados** deben ser diseñados y construidos con la **contraflecha necesaria**, para que la forma y perfil de la estructura terminada y expuesta a las condiciones de servicio sean las establecidas en los planos.

**6.1.2.4.** Para facilitar la **inspección** y **limpieza** de los **encofrados** y la **colocación** y **compactación del hormigón**, se deben dejar aberturas provisorias de dimensiones adecuadas, a distintas alturas y a distancias horizontales máximas de **2,50 m** entre sí en:

a) Encofrados profundos o de difícil inspección o limpieza.

b) Elementos estructurales de más de **3 m** de altura.

c) Elementos pretensados con armaduras postesadas, en las secciones críticas donde las vainas ocupen más del **50 %** del ancho de la sección y/o los espacios entre ellas sean menores que **2 veces** el tamaño máximo nominal del agregado.

**6.1.2.5.** Cuando los **Documentos del Proyecto** no establezcan lo contrario, en todos los ángulos y rincones de los encofrados se colocarán molduras de madera cepillada, conformando un triángulo rectángulo cuyos catetos midan **2,5 cm**.

**6.1.2.6.** Los **encofrados de madera** no deben quedar expuestos al viento y al sol durante un tiempo prolongado.

**6.1.2.7.** Los **bulones**, **pernos** y otros **elementos metálicos** que se utilicen como uniones internas para armar y mantener a los encofrados en sus posiciones definitivas, y que posteriormente queden incluidos en el hormigón, deben tener los recubrimientos mínimos de hormigón establecidos en el artículo 7.7., en función del tipo de exposición de la estructura al medio ambiente circundante.

**6.1.2.8.** Posteriormente a su remoción, las caras internas de los encofrados se deben limpiar de toda suciedad, mortero y cualquier materia extraña.

**6.1.2.9.** Para facilitar la **remoción de los encofrados**, sobre sus superficies internas una vez limpias, se debe colocar una película de material desencofrante antes de colocar las armaduras en el elemento estructural. Estos desencofrantes deben ser aplicados en cantidades tales que no escurran sobre las armaduras o sobre las juntas de construcción.

### **6.1.3. Puntales, arriostramientos y accesorios de unión y sujeción**

**6.1.3.1.** Los **puntales** y **arriostramientos** se deben construir con madera estacionada sin nudos, perfiles o tubos metálicos o con otros materiales de características y condiciones equivalentes.

**6.1.3.2.** Los **puntales** deben resistir sin hundimientos, deformaciones ni desplazamientos perjudiciales, la combinación más desfavorable de los esfuerzos estáticos derivados del peso del hormigón, de las armaduras y sobrecargas; los esfuerzos dinámicos ocasionados

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

por la colocación y compactación del hormigón; la acción del viento y cualquier otro esfuerzo a que puedan verse sometidos en las condiciones de trabajo, hasta su remoción.

**6.1.3.3.** Los **puntales** deben estar provistos de cuñas, gatos, tornillos u otros dispositivos adecuados, que permitan corregir posibles asentamientos durante las tareas de hormigonado.

**6.1.3.4.** No se deben usar **puntales de madera empalmados**, a menos que los empalmes estén fabricados usando piezas metálicas que generen una unión de probada resistencia a los esfuerzos conjuntos de compresión, flexión y pandeo.

**6.1.3.5.** Los **puntales** no se deben apoyar directamente sobre terrenos erosionables, sobre suelos que no sean capaces de soportar la carga transmitida a través de ellos sin que se produzca un asentamiento significativo o sobre un suelo que esté congelado.

**6.1.3.6.** **En los edificios de varios pisos**, los puntales se deben colocar superpuestos sobre una misma vertical.

**6.1.3.7.** Para evitar la **inestabilidad de los puntales**, los mismos se deben arriostrar en diagonal en todos los lugares indicados por los cálculos y los planos generales y de detalle, tanto en planos verticales como en planos horizontales.

**6.1.3.8.** Los **puntales** se deben arriostrar horizontalmente entre ellos, en las direcciones que sean necesarias para mantenerlos en su posición y aumentar su seguridad de resistencia al pandeo, según resulte del cálculo estructural.

**6.1.3.9.** Los **accesorios de unión y sujeción a utilizar** deben cumplir con los factores mínimos de seguridad establecidos en el artículo 6.3.6.2.

### **6.2. REMOCIÓN DE ENCOFRADOS, APUNTALAMIENTOS Y ARRIOSTRAMIENTOS. REAPUNTALAMIENTOS**

#### **6.2.1. Exigencias generales**

**6.2.1.1.** **Antes de iniciar las tareas de remoción de los encofrados, apuntalamientos y arriostramientos, la Empresa Contratista debe entregar al Director de Obra un plan general con la secuencia para realizar los apuntalamientos y reapuntalamientos**, incluyendo el cálculo de las cargas que se transfieren a la estructura de hormigón, la fecha en que se deben realizar las tareas y la resistencia obtenida para el hormigón, de acuerdo con lo establecido en el artículo 6.2.2..

**6.2.1.2.** El **apuntalamiento y el reapuntalamiento** deben ser diseñados de manera tal que puedan soportar todas las posibles cargas que les sean transmitidas. Se debe usar un método de análisis racional para determinar tanto el número de pisos que se apuntalarán y reapuntalarán como las cargas que se transmitirán a los distintos pisos, a los

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

apuntalamientos y a los reapuntalamientos, como resultado de la secuencia constructiva adoptada.

**6.2.1.3.** La **remoción** se debe realizar cuidadosa y gradualmente utilizando métodos y procedimientos que se traduzcan en esfuerzos estáticos, sin aplicación de golpes ni vibraciones, garantizando no dañar la estructura y mantener la seguridad y prestación en servicio para la cual fue proyectada.

**6.2.1.4.** Una vez **removidos los encofrados**, la **Empresa Contratista** debe continuar el proceso de curado del hormigón que constituye los distintos elementos estructurales, utilizando algunos de los métodos previstos en el artículo 5.10.2. En caso de estructuras de hormigón expuestas a temperaturas extremas, además, se debe garantizar una protección térmica al hormigón, adoptando las medidas establecidas en el artículo 5.11.6.

**6.2.1.5.** Sobre las **estructuras de hormigón recientemente desencofradas o desapuntaladas** no se deben acumular cargas, materiales ni equipos que hagan peligrar su estabilidad. Cuando este hecho no se pueda evitar, el Director de Obra puede autorizar la excepción, siempre que a su juicio la Empresa Contratista haya adoptado todas las precauciones que garanticen la seguridad de la estructura de hormigón.

**6.2.1.6.** Con el objeto de **reducir las flechas por deformaciones lentas del hormigón**, los puntales y elementos de sostén permanecerán colocados, o se los volverá a colocar inmediatamente después de la remoción de los encofrados, y deberán permanecer colocados durante todo el tiempo que sea posible:

*f* en losas y vigas de luz igual o menor que **8 m**, se debe colocar un apoyo en el centro de la luz.

*f* para luces mayores que **8 m** se debe colocar mayor cantidad de apoyos.

*f* para losas de luz igual o menor que **3 m**, no se deben colocar apoyos, salvo el caso de espesores de carácter excepcional.

**6.2.1.7.** En estructuras constituidas por **combinación de elementos prefabricados y elementos moldeados en el lugar**, el momento de iniciar la remoción de los encofrados, apuntalamientos y arriostramientos, se debe regir por la menor de las resistencias efectivas de ambos hormigones, determinadas de acuerdo con el artículo 4.3.

**6.2.1.8.** Inmediatamente después que se removieron los encofrados, las **superficies de hormigón a la vista** deben ser protegidas para evitar deterioros durante las distintas etapas constructivas de la obra.

**6.2.1.9.** En **estructuras pretensadas con armaduras postesadas**, además de cumplimentar todo lo establecido precedentemente, la remoción de los encofrados, apuntalamientos y arriostramientos se iniciará después que se aplicaron esfuerzos de

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

postesado a las armaduras, de intensidad suficiente como para que la estructura sea capaz de resistir su peso propio y las sobrecargas previstas para el proceso constructivo.

### **6.2.2. Resistencia y plazos mínimos para remoción de los encofrados laterales, apuntalamientos, arriostramientos y demás elementos de sostén**

**6.2.2.1.** Los **Documentos del Proyecto** de la obra deben establecer la resistencia efectiva que debe alcanzar el hormigón para que se pueda iniciar la remoción de los encofrados, apuntalamientos, arriostramientos y demás elementos de sostén.

**6.2.2.2.** La **resistencia efectiva** indicada en el artículo 6.2.2.1. debe ser la necesaria para que el elemento estructural o sector de la estructura tenga la capacidad portante para resistir las cargas actuantes en el momento en que se realiza la operación, con el grado de seguridad establecido en el Capítulo 9.

**6.2.2.3.** La **resistencia efectiva** se determina mediante el ensayo de resistencia de probetas cilíndricas normales, moldeadas durante la ejecución del elemento estructural. Dichas probetas deben ser mantenidas junto a la estructura y curadas en sus mismas condiciones, de acuerdo con lo establecido en el artículo 4.3.

**6.2.2.4.** Si los **Documentos del Proyecto no especifican la resistencia requerida** de acuerdo con el artículo 6.2.2.1., las operaciones se pueden iniciar cuando la resistencia efectiva del hormigón sea igual o mayor que una de las dos condiciones siguientes:

- f* El **70 %** de la **resistencia característica especificada**.
- f* El **doble de la resistencia** necesaria para resistir las máximas tensiones que se producen en el momento de la remoción.

**6.2.2.5.** También se puede **autorizar el inicio de la remoción de los encofrados**, apuntalamientos, arriostramientos y demás elementos de sostén cuando la madurez del hormigón de la estructura sea igual o mayor que la madurez requerida para alcanzar las resistencias especificadas de acuerdo con el artículo 6.2.2.1. ó el artículo 6.2.2.4, según corresponda. A este efecto es de aplicación lo establecido en el artículo 4.3.3.

**6.2.2.6.** En ausencia de la información requerida para aplicar lo establecido en el artículo 6.2.2.1. y en el artículo 6.2.2.4., se puede establecer el momento de la remoción tomando los plazos mínimos orientativos indicados en la Tabla 6.1. para los encofrados y en la Tabla 6.2. para los apuntalamientos y arriostramientos.

**Tabla 6.1. Plazos mínimos para remoción de los encofrados laterales cuando se utilice cemento pórtland normal (Cuadro I)**

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Elemento estructural	Temperatura superficial del hormigón			
	≥ 24 °C	16 °C	8 °C	2 °C
Tabiques (*)	9 h	12 h	18 h	30 h
Columnas (*)	9 h	12 h	18 h	30 h
Laterales de vigas o viguetas(*)	9 h	12 h	18 h	30 h
Encofrados interiores de casetonados, los cuales puedan ser removidos sin perturbar el resto de los encofrados o apuntalamientos:				
• Ancho igual o menor de 75 cm	2 días	3 días	5 días	8 días
• Ancho mayor de 75 cm	3 días	4 días	6 días	10 días
(*) Cuando los encofrados de estos elementos estructurales soporten a su vez encofrados de losas o vigas, el plazo para la remoción de sus encofrados dependerá del plazo establecido para las losas o vigas que se apoyan.				

**Cuadro I: Plazos mínimos para remoción de los encofrados laterales cuando se utilice cemento pórtland normal.**

**6.2.2.7.** Para *aplicar los plazos mínimos* establecidos en las Tablas 6.1. y 6.2., se deben cumplimentar las siguientes condiciones:

- a) Proteger y curar la estructura de hormigón de acuerdo con lo establecido en los artículos 5.10 y 5.11.
- b) Empezar a contar el plazo a partir del momento en que la última porción de hormigón se colocó en el elemento estructural considerado, o en los elementos de las luces adyacentes si se trata de una estructura de tramos múltiples.
- c) Computar como válidos exclusivamente los días en los que la temperatura media del aire en contacto con la estructura sea igual o mayor que **10 °C**.
- d) Computar un día de curado cada dos días, en caso que la temperatura media del aire esté comprendida entre **5 °C** y **10 °C**.

**Tabla 6.2. Plazos mínimos en días, para remoción de apuntalamientos, arriostramientos y otros elementos de sostén, cuando se use cemento pórtland normal (Cuadro II)**

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Tipo de estructura	Sobrecarga estructural menor que el peso propio de la estructura	Sobrecarga estructural mayor que el peso propio de la estructura
☐ Túneles y conductos circulares.	3 días	2 días
☐ Claves de los arcos	14 días	7 días
☐ Vigas principales, vigas secundarias y enviguetados:		
• Luz libre entre apoyos menor de 3 m	7 días	4 días
• Luz libre entre apoyos igual o mayor de 3 m y menor de 6 m	14 días	7 días
• Luz libre entre apoyos mayor de 6 m	21 días	14 días
☐ Losas armadas en una dirección:		
• Luz libre entre apoyos menor de 3 m	4 días	3 días
• Luz libre entre apoyos igual o mayor de 3 m y menor de 6 m	7 días	4 días
• Luz libre entre apoyos mayor de 6 m	10 días	7 días
☐ Sistemas de losas armadas en dos direcciones	El plazo mínimo para desapuntalar depende del momento en que la estructura pueda ser reapuntalada. Dicho reapuntalamiento debe ser colocado inmediatamente después de finalizar la operación de desapuntalamiento.	
☐ Sistemas de losas pretensadas con armaduras postesadas	Tan pronto se aplique el postesado total a las armaduras.	

**Cuadro II: Plazos mínimos en días, para remoción de apuntalamientos, arriostramientos y otros elementos de sostén, cuando se use cemento pórtland normal**

**Quando se empleen cementos cuya velocidad de desarrollo de resistencia sea menor o mayor que la del cemento indicado en las Tablas 6.1. y 6.2.,** o cuando se usen aditivos retardadores del tiempo de fraguado, los plazos se deben obtener determinando el grado de endurecimiento del hormigón de acuerdo con lo establecido en los artículos 4.3 y 6.2.2.4.

### 6.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENCOFRADOS

#### 6.3.1. Presión lateral originada por el hormigón fresco sobre los encofrados

Los **encofrados, apuntalamientos, arriostramientos y elementos de unión y sujeción**, se deben diseñar para la presión del hormigón fresco recién colocado que se establece en los artículos 6.3.1.1. y 6.3.1.2.

**6.3.1.1.** Se deben utilizar los diagramas de presiones determinados experimentalmente para iguales condiciones de materiales y proporciones del hormigón, método y velocidad de colocación y compactación del hormigón fresco y tipo de encofrado.



**6.3.1.2.** Cuando no se disponga del *diagrama experimental de presiones laterales* se deben adoptar los valores que resulten de las siguientes expresiones.

**a) Hormigón a colocar por cualquier método que no sea impulsión por bombeo:**

$$p = \gamma c h \quad (6-1)$$

**b) Hormigón a colocar por impulsión por bombeo:**

$$p = 1,25 \gamma c h \quad (6-2)$$

siendo:

- $\gamma c$  la masa unitaria del hormigón fresco, en kg/m<sup>3</sup>.  
 $p$  la presión lateral sobre el encofrado, en kPa.  
 $h$  la altura del hormigón fresco por encima del punto considerado, en m.  
**1,25** el factor que tiene en cuenta la presión de la bomba.

**El valor de  $h$  debe ser tomado como toda la altura encofrada del elemento estructural, o como la distancia entre juntas de construcción** cuando el elemento estructural se hormigona en más de una vez, como columnas u otros elementos estructurales en los cuales la velocidad de colocación del hormigón es tan rápida que se termina su hormigonado antes que el hormigón pierda plasticidad.

**6.3.1.3. Cuando se utilice hormigón de consistencia fluida y muy fluida** elaborados con aditivo superfluidificante, para diseñar el encofrado se deben tomar las presiones establecidas en las ecuaciones dadas en el artículo 6.3.1.2.

### 6.3.2. Cargas verticales

**6.3.2.1. Las cargas verticales están constituidas por la carga debida al peso propio y a las sobrecargas de diseño.**

**6.3.2.2. Los encofrados horizontales, sus estructuras de refuerzo y sujeciones, los puntales verticales y el arriostramiento diagonal y horizontal que los soporta se deben diseñar para las siguientes cargas verticales mínimas:**

**a) Debidas exclusivamente al peso propio:**

$f$  **2,5 kN/m<sup>2</sup>**, cuando sobre el encofrado **no transitan equipos**.

$f$  **3,5 kN/m<sup>2</sup>**, cuando sobre el encofrado **transitan equipos**.

**b) Debidas a la combinación del peso propio y la sobrecarga:**

$f$  **5,0 kN/m<sup>2</sup>**, cuando sobre el encofrado **no transitan equipos**.

$f$  **6,0 kN/m<sup>2</sup>**, cuando sobre el encofrado **transitan equipos**.

### 6.3.3. Cargas horizontales

**6.3.3.1. Los puntales y sus arriostramientos** deben ser diseñados para resistir todas las fuerzas horizontales que previsiblemente puedan actuar, tales como: viento, sismo,



## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

tensiones introducidas por el tesado de los cables, proyección horizontal de cargas inclinadas, colocación del hormigón y arranque y frenado de equipos.

**6.3.3.2.** En el caso de **estructuras de hormigón para edificios**, el valor de la fuerza horizontal total debida a la suma de la acción del viento, la colocación del hormigón, la colocación en forma inclinada del hormigón y las acciones de equipos en cualquier dirección con respecto a la línea del piso, será igual o mayor que los dos **(2)** valores siguientes:

*f* **1,5 kN/m** multiplicado por la **longitud total del borde de la losa expuesto al viento**.

*f* **2 %** del **total del peso del encofrado** y del **hormigón fresco** a colocar sobre el mismo, tomado como una carga uniforme distribuida por metro lineal de borde de la losa expuesto al viento.

**6.3.3.3.** Los **encofrados de tabiques y sus arriostramientos** deben ser diseñados para absorber como mínimo:

a) La carga de viento especificada en el **Reglamento CIRSOC 102-2005 “Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones”**.

b) Una carga horizontal mayor de **1,5 kN** por metro lineal de tabique, la cual se debe aplicar en la parte superior del mismo.

### **6.3.4. Cargas especiales**

**6.3.4.1.** La Empresa Contratista debe tener en cuenta las condiciones especiales que pueden ocurrir durante la construcción de la estructura de hormigón, tales como:

*f* colocación en forma **asimétrica** del hormigón.

*f* **impactos** que puedan producir los equipos que transportarán el hormigón.

*f* **izaje** de los sistemas de encofrados.

*f* **cargas concentradas** producidas por acopios de las armaduras.

*f* **cargas que se produzcan por colgado del encofrado y eventuales acopios** de materiales de construcción.

*f* **adopción de recaudos especiales para el cálculo del encofrado** y de su apuntalamiento, cuando el encofrado para tabiques tenga una altura o una superficie expuesta al viento mayor que la de uso habitual.

**6.3.4.2.** Para el caso de **elementos estructurales o sectores de estructuras pretensadas con armaduras postesadas**, el apuntalamiento, los arriostramientos y las uniones y sujeciones, se deben verificar para los siguientes estados de cargas:

*f* las **cargas** provenientes del hormigonado del elemento estructural.

*f* las **cargas** transferidas durante el proceso de postesado de las armaduras.

### **6.3.5. Tensiones unitarias**

**6.3.5.1.** Las **tensiones unitarias de los materiales a usar en el proyecto** y el cálculo de los encofrados, cimbras, apuntalamientos, arriostramientos y accesorios que se establecen en el artículo 6.3.6., deben ser fijadas teniendo en cuenta alguna de las siguientes alternativas:

a) Las recomendadas por el fabricante, siempre que estén respaldadas por un informe técnico de ensayos realizados por una entidad acreditada con reconocida experiencia en el tema.

b) Las obtenidas en forma experimental, ensayando muestras representativas de cada material en un laboratorio acreditado y de reconocida experiencia en el área de cada tipo de material a ensayar.

c) Las establecidas en los **Reglamentos CIRSOC** para estructuras metálicas o para estructuras de madera, cuando los mismos puedan ser de aplicación.

d) Las establecidas en las normas IRAM que sean de aplicación.

**6.3.5.2. Cuando se utilicen sistemas de encofrados, apuntalamientos o unidades prearmadas para encofrar o apuntalar**, se deben adoptar las cargas admisibles especificadas por el fabricante, siempre que las mismas estén respaldadas por un informe técnico de ensayos realizados por una entidad oficial con reconocida experiencia en el tema.

### **6.3.6. Accesorios para los sistemas de encofrados**

**6.3.6.1.** Los **accesorios que constituyen los sistemas de encofrados son:**

*f* las uniones internas para armar y mantener a los encofrados en sus posiciones definitivas, tales como ataduras, bulones, pernos u otros elementos metálicos.

*f* los elementos para empalmar puntales o arriostramientos.

*f* los anclajes para sujeción de los sistemas de encofrados.

*f* los elementos que permiten colgar los encofrados, puntales o arriostramientos, para su posterior izaje.

**6.3.6.2.** Los **factores mínimos de seguridad** para los accesorios de encofrados y apuntalamientos, basados en la resistencia última de cada tipo de accesorio, se establecen en la Tabla 6.3.

**Tabla 6.3. Factor de seguridad mínimo para los accesorios de encofrados y sus apuntalamientos (Cuadro III)**

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

Tipo de accesorio	Factor de seguridad	Tipo de construcción
<input type="checkbox"/> Uniones internas para armar y mantener a los encofrados en sus posiciones definitivas.	2,0	Todas las aplicaciones
<input type="checkbox"/> Anclajes para encofrados	2,0	Encofrados y sus apuntalamientos que soporten solamente el peso propio del encofrado y la presión del hormigón
	3,0	Encofrados y sus apuntalamientos que soporten el peso propio del encofrado y del hormigón, peso propio de cargas de construcción e impacto
<input type="checkbox"/> Elementos para colgar encofrados	2,0	Todas las aplicaciones
<input type="checkbox"/> Insertos de anclajes, usados como atadura	2,0	Paneles de hormigón premoldeado, cuando los mismos se usan como encofrados y apuntalamientos

Cuadro III: Factor de seguridad mínimo para los accesorios de encofrados y sus apuntalamientos.

### 6.4. CAÑERÍAS PARA LA CONDUCCIÓN DE FLUIDOS, INCLUIDAS EN LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

#### 6.4.1. Exigencias generales

**6.4.1.1. Tanto las cañerías que se utilicen como sus accesorios** deben estar fabricados con materiales capaces de resistir sin deterioros el contacto con el fluido que conducen y con el hormigón en el cual están embebidas. Sus diámetros y espesores serán los que correspondan para resistir las temperaturas y presiones de los fluidos que conducen.

**6.4.1.2. La temperatura del fluido a conducir** debe ser igual o menor que **70 °C**.

**6.4.1.3. En el diseño de los elementos estructurales de hormigón que tengan cañerías embebidas en su masa**, se deben considerar los efectos producidos sobre el hormigón por la presión de conducción del fluido y por las expansiones de las cañerías.

**6.4.1.4. Antes de proceder al hormigonado de la estructura, el conjunto de todas las cañerías y accesorios** debe ser sometido a ensayos de presiones internas. La presión de ensayo debe ser igual o mayor que una vez y media la presión máxima de servicio, y no menor de **1,0 MPa**, por encima de la presión atmosférica, y deberá ser mantenida durante un tiempo igual o mayor de **4 horas**.

Durante el período de prueba no se debe observar pérdida de presión.

En este Reglamento no se requiere el ensayo de presiones internas para las cañerías de desagües o cualquier otra proyectada para resistir presión igual o menor de **0,01 MPa** por encima de la presión atmosférica.

**6.4.1.5. Hasta que el hormigón alcance la resistencia característica de diseño**, solo se permite que por las cañerías circule fluido a temperatura y presión igual o menor de **30 °C** y **0,3 MPa**, respectivamente.

**6.4.1.6.** Las **uniones de las cañerías y accesorios destinados a conducir fluidos a presión**, se deben realizar por soldadura u otros métodos y procedimientos que garanticen igual seguridad. Se prohíben las uniones roscadas.

Los **trabajos de soldadura** deben ser realizados por personal debidamente calificado.

**6.4.1.7.** Las **cañerías** se deben fabricar e instalar en forma tal que su colocación no requiera cortar, doblar ni desplazar las armaduras, respecto de los lugares establecidos en los planos y planillas.

**6.4.1.8.** Este Reglamento prohíbe el uso de **cañerías de aluminio** y de aleaciones que lo contengan.

#### **6.4.2. Cañerías de acero para la conducción de fluidos**

**6.4.2.1.** En el momento de colocación del hormigón, las **cañerías deben estar limpias y libres de óxidos, aceites, grasas y cualquier otra sustancia extraña, con tapones en sus extremos.**

**6.4.2.2.** El **hormigón** debe tener una consistencia igual o mayor a la plástica, de acuerdo con el artículo 5.1., Tabla 5.1., y su contenido unitario de cemento debe ser mayor de **300 kg/m<sup>3</sup>**.

**6.4.2.3.** Previamente al hormigonado, **para sostener a las cañerías en su posición definitiva se deben utilizar exclusivamente elementos macizos de acero, de mortero compacto endurecido o de plástico.** No se deben emplear elementos constituidos por materiales cerámicos porosos ni de madera. Cuando se utilicen elementos metálicos de sostén, los mismos deben quedar incluidos en el hormigón con un recubrimiento igual o mayor que el especificado en este Reglamento para las armaduras.

**6.4.2.4.** El **recubrimiento de hormigón de las cañerías** debe cumplir con los valores mínimos establecidos en el artículo 7.7.

**6.4.2.5.** Entre la cañería y el hormigón circundante se debe asegurar el **contacto directo.** En caso que la cañería deba ser protegida con materiales aislantes, los mismos no deben contener productos capaces de provocar la corrosión de las cañerías.

**6.4.2.6.** El **espesor total** del elemento estructural que contiene a las cañerías debe ser hormigonado de una sola vez.

**6.4.2.7. Se prohíbe el manipuleo y el almacenamiento de materiales o productos agresivos en las proximidades de las cañerías.**

### **6.5. TOLERANCIAS CONSTRUCTIVAS DE ENCOFRADOS Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES TERMINADOS**

#### **6.5.1. Exigencias generales**

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

**6.5.1.1.** Las **estructuras** deben construir con todo **cuidado** y **precisión**, respetando las **posiciones, niveles** y **dimensiones** indicados en los Documentos del Proyecto.

**6.5.1.2.** Cuando en los **Documentos del Proyecto** no se indiquen tolerancias constructivas más exigentes, se deben adoptar las tolerancias máximas dadas en los artículos 6.5.2. a 6.5.6.

**6.5.1.3.** Las **superficies terminadas** que excedan las tolerancias establecidas en los artículos 6.5.3. y 6.5.4., pueden ser corregidas o modificadas, eliminando las protuberancias y nivelando las depresiones con un material de comportamiento satisfactorio verificado.

**6.5.2. Estructuras de hormigón armado construidas en el lugar** Las **tolerancias especificadas** son aplicables solamente a las dimensiones de los elementos de la estructura de hormigón terminada y a su localización.

### **6.5.2.1. Variaciones admisibles en la verticalidad**

#### **a) En líneas y superficies de columnas, pilares, tabiques y en fillos**

- Por cada **3 m** **6 mm**
- Máximo en la altura total de la estructura ( \* ) **30 mm**

#### **b) En columnas de esquina a la vista, buñas para juntas de control y otras líneas visibles**

- Por cada **6 m** **6 mm**
- Máximo en la altura total de la estructura ( \* ) **15 mm**

(\*) Esta tolerancia es para **estructuras de altura igual o menor que 30 m**. Para estructuras de mayor altura se deben establecer las tolerancias en los Documentos del Proyecto.

#### **c) En columnas o tabiques contruidos con encofrado deslizante, las tolerancias respecto a un punto de referencia en la base de la estructura, para cada una de las tres componentes ortogonales de la suma de desplazamientos producidos por translación y rotación del encofrado**

- Por cada **1,50 m** de altura **3 mm**
- Por cada **15 m** de altura **30 mm**
- Máximo en la altura total, hasta **180 m** de altura **90 mm**

### **6.5.2.2. Niveles, medidos a partir de las pendientes y cotas especificadas en los Documentos del Proyecto**

#### **a) En las superficies inferiores de losas, techos, superficies inferiores de vigas y aristas de todos los elementos estructurales, medidas antes de quitar los apuntalamientos**

- Por cada **3 m** **6 mm**

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

- Por cada paño o por cada **6 m** **10 mm**
- Máximo en el largo total de la estructura **20 mm**

### **b) En dinteles, travesaños, parapetos, buñas horizontales y otras líneas visibles**

- Por cada paño o por cada **6 m** **6 mm**
- Máximo en el largo total de la estructura **15 mm**

### **c) Altura de los puntos de control en losas inclinadas**

- Por cada paño de **6 m** **10 mm**
- Máximo en el largo total de la estructura **20 mm**

### **6.5.2.3. Apartamiento con respecto a los ejes constructivos y otras alineaciones indicadas en los planos y posiciones de columnas, tabiques y vigas**

- Por cada paño **15 mm**
- Por cada **6 m** **15 mm**
- Máximo para la estructura **30 mm**

### **6.5.2.4. Dimensiones de pases y aberturas en entrepisos y tabiques**

- Ubicación de los ejes de pases o aberturas **15 mm**

### **6.5.2.5. Dimensiones de las secciones transversales de columnas, vigas, tabiques y espesores de losas. (Incluyendo tabiques y columnas construidos con encofrados deslizantes)**

- Hasta **30 cm**
  - En más **10 mm**
  - En menos **6 mm**
- Más de **30 cm**
  - En más **15 mm**
  - En menos **10 mm**

### **6.5.2.6. Fundaciones**

#### **a) Dimensiones horizontales**

- Con encofrado
  - En más **50 mm**
  - En menos **15 mm**
- Sin encofrado **80 mm**

#### **b) Error en la ubicación o excentricidad**

- 2 % del ancho de la base en la dirección del error pero no más de  $\pm 50$  mm

#### **c) Espesor de la sección transversal**

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

- En más **sin límite**
- En menos **5 %**

### d) Para apoyo de construcción de mampostería

- Alineación en 3 m **± 6 mm**
- Máximo para una longitud total de 15 m **± 15 mm**
- Nivel en 3 m **± 6 mm**
- Máximo para una longitud total de 15 m **± 15 mm**

### e) Nivel de bases en general

- En más **15 mm**
- En menos **50 mm**

### 6.5.2.7. Escaleras

#### a) Para cada escalón

- Alzada **± 3 mm**
- Pedada **± 6 mm**

#### b) En un tramo de escalera

- Altura **± 3 mm**
- Recorrido **± 6 mm**

### 6.5.3. Tolerancias en el acabado de superficies de losas

#### 6.5.3.1. Exigencias generales

Las **depresiones** y/o **protuberancias** se deben medir por debajo de una regla rígida de **3 m** de longitud total.

Las mediciones deben ser realizadas el **día después** de terminado el piso de hormigón y antes de quitarse el apuntalamiento, para evitar cualquier influencia de contracción por secado y deformación por alabeo o flexión.

#### a) Terminación Clase A

Las depresiones entre puntos altos no deben exceder los **3 mm** en **3 m**.

#### b) Terminación Clase B

Las depresiones entre puntos altos no deben exceder los **6 mm** en **3 m**.

#### c) Terminación Clase C

Las depresiones entre puntos altos no deben exceder los **8 mm** en **3 m**.

#### d) Terminación Clase D

Las depresiones entre puntos altos no deben exceder los **13 mm** en **3 m**.

### 6.5.4. Clases y tolerancias de terminación

#### 6.5.4.1. Losas

Los Documentos del Proyecto se deben especificar las **tolerancias de terminación seleccionadas**, de entre las siguientes:

##### a) Terminación Clase A

La **superficie será plana** con una tolerancia de **3 mm** en **3 m**, y se verificará con una regla recta colocada sobre cualquier lugar de la losa, en cualquier dirección.

##### b) Terminación Clase B

La **superficie será plana** con una tolerancia de **6 mm** en **3 m**, y se verificará con una regla recta colocada sobre cualquier lugar de la losa, en cualquier dirección.

##### c) Terminación Clase C

La **superficie será plana** con una tolerancia de **6 mm** en **60 cm**, y se verificará con una regla recta de **60 cm** colocada en cualquier lugar de la losa, en cualquier dirección.

#### 6.5.4.2 Superficies encofradas

Los **defectos e irregularidades superficiales**, bruscos o graduales, se controlarán con una regla recta y rígida, de **1,50 m** de longitud, apoyada sobre la superficie a controlar. Los defectos correspondientes a las superficies curvas, serán controlados mediante procedimientos que impliquen exigencias del mismo orden que las enunciadas para las superficies planas.

##### a) Terminación T-1

Corresponde a las superficies que no quedarán expuestas a la vista, donde la rugosidad e irregularidades no constituyen un inconveniente.

Las depresiones máximas de las superficies no excederán los **25 mm**.

Las depresiones mayores deberán ser corregidas. No se aceptarán deficiencias que impliquen una reducción de dimensiones fuera de las tolerancias establecidas.

##### b) Terminación T-2

Corresponde a las superficies que estén poco expuestas a la vista, o bien a las superficies que serán revocadas.

*f* Máxima irregularidad superficial abrupta o localizada admisible **6 mm**

*f* Máxima irregularidad superficial gradual admisible **12 mm**

##### c) Terminación T-3

Corresponde a las superficies permanentemente expuestas a la vista y a aquellas para las que el aspecto tiene especial importancia, como elementos estructurales prefabricados y superficies de apoyo de máquinas.



## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

Cualquiera que sea el material con que se construyan los encofrados, no producirán irregularidades mayores que las indicadas a continuación:

*f* Máxima irregularidad superficial abrupta o localizada admisible **3 mm**

*f* Máxima irregularidad superficial gradual admisible **6 mm**

Al observar las estructuras desde una distancia de **6 m**, el hormigón presentará superficies con diferencias mínimas de color y textura.

En las estructuras expuestas a la vista, los defectos e irregularidades a reparar no excederán de **1 m<sup>2</sup>** por cada **500 m<sup>2</sup>** de superficie, además de las cavidades dejadas por los elementos de fijación de los encofrados.

### 6.5.5. Estructuras de hormigón ejecutadas con encofrados deslizantes

**6.5.5.1.** Las variaciones a partir de las dimensiones interiores prescritas para estructuras no circulares, entre caras opuestas, no deben exceder

- Por **3 m** de dimensiones especificadas **± 15 mm**
- Máximo **± 50 mm**

### 6.5.6. Tolerancias en juntas

**a) Espesores** **± 3 mm**

**b) Alineación de juntas verticales y nivel de juntas horizontales**

- Por cada **30 m** de longitud **± 7 mm**
- Máximo en la longitud total **± 13 mm**

## ANEXO II: 6.2. JUSTIFICACIÓN DE NECESIDAD DE TRATAMIENTO DEL EFLUENTE

Cada batch contiene 232,2 kg de  $(\text{PO}_4)_2\text{Zn}_3$  (fosfato de cinc). Los pesos atómicos de los distintos elementos que lo componen son: P (15 gr/mol), O (16 gr/mol), y Zn (30 gr/mol). Por lo tanto, el peso atómico del fosfato de cinc es de 248 gr/mol.

Se calcula el contenido de cinc y de fosforo total en el batch:

- Si en 248 gr de  $(\text{PO}_4)_2\text{Zn}_3$  hay 90 gr de Zn, en los 232200 gr de  $(\text{PO}_4)_2\text{Zn}_3$  del batch hay 84266 gr de Zn.
- Si en 248 gr de  $(\text{PO}_4)_2\text{Zn}_3$  hay 15 gr de P, en los 232200 gr de  $(\text{PO}_4)_2\text{Zn}_3$  del batch hay 14044 gr de P.

Si el batch tiene 3 m<sup>3</sup>, entonces la concentración inicial del cinc es de 28088 mg/l, y la del fosforo es de 14044 mg/l.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

A partir de los parámetros de vuelco de cada uno, 2 mg/l para el cinc y 10 mg/l para el fósforo, se calcula cuál debería ser el rendimiento ( $\bullet$ ) del proceso para poder cumplir con ambos:

$$28088 \frac{mg}{l} \times (1 - \eta) \leq 2 \frac{mg}{l} \rightarrow \eta \geq 0,99993 \text{ Para el Zn}$$

$$14044 \frac{mg}{l} \times (1 - \eta) \leq 10 \frac{mg}{l} \rightarrow \eta \geq 0,99929 \text{ Para el P}$$

Se toma como el rendimiento del proceso mínimo, para cumplimentar con ambos parámetros de vuelco, el mayor de éstos. En este caso, el del cinc. Entonces, durante el pre-tratamiento se debe consumir el 99,993% del fosfato de cinc antes de poder verterlo en la colectora cloacal, de otro modo, no se estaría cumpliendo la reglamentación.

### ANEXO III: 6.3. FÓRMULA PARA LA CATEGORIZACIÓN DE INDUSTRIAS

- Rubro

De acuerdo a la clasificación internacional de actividades y teniendo en cuenta las características de las materias primas que se empleen, los procesos que se utilicen y los productos elaborados, se dividen en tres grupos:

- $\frac{3}{4}$  Grupo 1: se le asigna el valor 1.
- $\frac{3}{4}$  Grupo 2: se le asigna el valor 5.
- $\frac{3}{4}$  Grupo 3: se le asigna el valor 10.

- Efluentes y residuos

Se clasifican como de tipo 0, 1 o 2 según el siguiente detalle:

Tipo 0:

- $\frac{3}{4}$  Gaseosos: componentes naturales del aire (incluido vapor de agua); gases de combustión de gas natural.
- $\frac{3}{4}$  Líquidos: agua sin aditivos; lavado de planta de establecimientos del Rubro 1, a temperatura ambiente.
- $\frac{3}{4}$  Sólidos y semisólidos: asimilables a domiciliarios.

Tipo 1:

- $\frac{3}{4}$  Gaseosos: gases de combustión de hidrocarburos líquidos.
- $\frac{3}{4}$  Líquidos: agua de proceso con aditivos y agua de lavado que no contengan residuos especiales o que no pudiesen generar residuos especiales. Provenientes de plantas de tratamiento en condiciones óptimas de funcionamiento.

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

$\frac{3}{4}$  Sólidos y semisólidos: resultantes del tratamiento de efluentes líquidos del tipo 0 y/o 1. Otros que no contengan residuos especiales o de establecimientos que no pudiesen generar residuos especiales.

### Tipo 2:

$\frac{3}{4}$  Gaseosos: todos los no comprendidos en los tipos 0 y 1.

$\frac{3}{4}$  Líquidos: con residuos especiales, o que pudiesen generar residuos especiales. Que posean o deban poseer más de 1 tratamiento.

$\frac{3}{4}$  Sólidos y semisólidos: que puedan contener sustancias peligrosas o que pudiesen generar residuos especiales.

De acuerdo al tipo de efluentes y residuos generados, el parámetro ER adoptará los siguientes valores:

- Tipo 0: se le asigna el valor 0.
- Tipo 1: se le asigna el valor 3.
- Tipo 2: se le asigna el valor 6.

En aquellos casos en que los efluentes y residuos generados en el establecimiento correspondan a una combinación de más de un Tipo, se le asignará el Tipo de mayor valor numérico.

- Riesgo

Se tendrán en cuenta los riesgos específicos de la actividad, que puedan afectar a la población o el medio ambiente circundante, asignando 1 punto por cada uno, a saber:

- Riesgo por aparatos sometidos a presión.
- Riesgo acústico.
- Riesgo por sustancias químicas.
- Riesgo de explosión.
- Riesgo de incendio.

- Dimensionamiento

Tendrá en cuenta:

a) Cantidad de personal

- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| – Hasta 15:        | adopta el valor 0 |
| – Entre 16 y 50:   | adopta el valor 1 |
| – Entre 51 y 150:  | adopta el valor 2 |
| – Entre 151 y 500: | adopta el valor 3 |
| – Más de 500:      | adopta el valor 4 |

b) Potencia instalada (en HP)

- |             |                   |
|-------------|-------------------|
| – Hasta 25: | adopta el valor 0 |
|-------------|-------------------|

## Estudio de factibilidad: Instalación de una fábrica de encofrados metálicos para columnas de hormigón en Mar del Plata

---

- De 26 a 100: adopta el valor 1
- De 101 a 500: adopta el valor 2
- Mayor de 500: adopta el valor 3

### c) Relación entre superficie cubierta y superficie total

- Hasta 0,2: adopta el valor 0
- De 0,21 a 0,5: adopta el valor 1
- De 0,51 a 0,81: adopta el valor 2
- De 0,81 a 1,0: adopta el valor 3

### • Localización

Tendrá en cuenta:

#### a) Zona

- Parque industrial: adopta el valor 0
- Industrial Exclusiva y Rural: adopta el valor 1
- El resto de las zonas: adopta el valor 2

#### b) Infraestructura de servicios de:

- Agua
- Cloaca
- Luz
- Gas

Por la carencia de cada uno de ellos se asigna 0,5.