



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

EVALUACION TECNICA Y ECONOMICA DEL
PROYECTO DE INVERSION DE UN CONCRETO
FABRICADO A BASE DE MICROESFERA

T E S I S

PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL – CONSTRUCCIÓN

P R E S E N T A :

ING. MILTON GABRIEL CHÁVEZ GASCA

DIRECTOR DE TESIS

DR. JESÚS HUGO MEZA PUESTO



2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

Presidente: M.I Favela Lozoya Fernando

Secretario: M.I. Díaz Díaz Salvador

Vocal: Dr. Meza Puesto Jesús Hugo

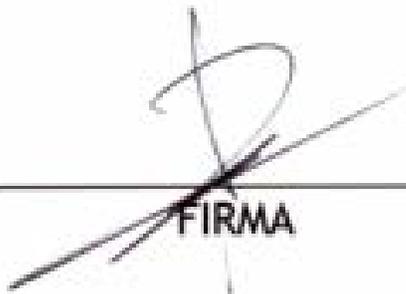
1^{er} Suplente: Ing. Cottier Caviedes Juan Luis

2^{do} Suplente: Chavarri Maldonado Carlos Manuel

Lugar donde se realizó la tesis:
Facultad de Ingeniería de la UNAM

TUTOR DE TESIS

Dr. Jesús Hugo Meza Puesto


FIRMA

ÍNDICE

Introducción.....*viii*

Capítulo 1 Formulación y Análisis del Problema

1.1.	Generalidades.....	4
1.2.	El Proceso de Inversión.....	5
1.3.	El Ciclo de vida de los proyectos.....	6
	1.3.1. Relación Técnico - Económica y Relación Físico - Social.....	8
	1.3.2. Representación Visual, Diagnóstico, pronóstico e imagen normativa u objetivo.....	10
	1.3.3. Secuencia de estudios comprendidos en la fase de Formulación y Evaluación de Proyectos	11
1.4.	Niveles de Profundidad.....	12
	1.4.1 Nivel Idea.....	12
	1.4.2 Nivel Prefactibilidad.....	13
	1.4.3 Nivel Factibilidad.....	13
	1.4.4 Nivel de Implantación o de detalle.....	14
1.5.	Estudios de Oportunidad.....	14
1.6.	Proceso de preparación y evaluación de proyectos.....	14
	1.6.1 La evaluación de proyectos como un proceso y sus alcances.....	15
1.7.	Esquema para la elaboración del proyecto de investigación.....	16
	1.7.1 El Problema.....	16
	1.7.1.1. Título descriptivo del proyecto.....	17
	1.7.1.2. Formulación del problema.....	17
	1.7.1.3. Objetivos de la Investigación.....	17
	1.7.1.4. Justificación.....	18
	1.7.1.5. Limitaciones.....	18
	1.7.2. Marco de referencia.....	19
	1.7.2.1. Fundamentos teóricos.....	19
	1.7.2.2. Antecedentes del problema.....	19
	1.7.2.3. Elaboración de Hipótesis.....	20
	1.7.2.4. Identificación de las variables.....	21
	1.7.3. Metodología.....	21
	1.7.3.1 Diseño de técnicas de recolección de información.....	21
	1.7.3.2 Población y muestra.....	22
	1.7.3.3 Técnicas de análisis.....	22
	1.7.3.4 Guía de trabajo de campo.....	23
	1.7.4 Aspectos Administrativos.....	23
	1.7.4.1 Recursos Humanos.....	23
	1.7.4.2 Presupuesto.....	26
	1.7.4.3 Cronograma.....	26
1.8.	Conclusiones Capitulares.....	28
1.9.	Apéndices Estadísticos.....	30
	1.9.1 Inveniones.....	30

1.9.1.1 Solicitudes de patente por nacionalidad. Principales Países 1993 - 2003.....	30
1.9.1.2 Solicitudes de patente por país de origen. Principales Países 1997 - 2003.....	31
1.9.1.3 Patentes otorgadas por nacionalidad del titular. Principales Países 1993 - 2003.....	32
1.9.1.4 Patentes otorgadas a titulares mexicanos por área tecnológica 1993 - 2003.....	33
1.9.1.5 Registros de modelo de utilidad de mexicanos por área tecnológica 1993 - 2003.....	34
1.9.2 Signos Distintivos.....	35
1.9.2.1 Solicitudes de Marca por Nacionalidad. Principales países 1993 - 2003.....	35
1.9.2.2 Marcas Registradas por Nacionalidad del titular. Principales países 1993 - 2003.....	36
Bibliografía Capitular	36

Capítulo 2

Investigación de Mercado

2.1. Fundamentos.....	42
2.2. Importancia de la Investigación de Mercado.....	43
2.3. Etapas para un Análisis de Mercado	45
2.3.1. Panorama del mercado.....	45
2.3.2. Segmentación del mercado.....	46
2.3.3. Tipologías del consumidor.....	46
2.3.4. Matriz producto - mercado.....	46
2.3.5. Mercado Meta.....	46
2.3.6. Nichos de Mercado.....	47
2.4. Incertidumbre de Mercado de una innovación.....	47
2.5. La Investigación de Mercado en la Administración.....	48
2.6. Componentes de la Investigación de Mercado.....	49
2.7. Objetivos de la Investigación de Mercado.....	49
2.7.1. Estrategia Competitiva.....	51
2.7.2. Modelo de las cinco fuerzas competitivas de Porter.....	52
2.8. Formulación de la Investigación de Mercado.....	53
2.8.1. Identificación del bien o servicio.....	54
2.8.2. La demanda.....	54
2.8.2.1. Características teóricas de la demanda.....	55
2.8.2.1.1 La función de Demanda.....	56
2.8.2.1.2 La función de Ingreso.....	56
2.8.2.1.3 La elasticidad.....	57
2.8.2.1.4 Elasticidad cruzada.....	57
2.8.2.2 Estimación de la demanda futura.....	57
2.8.2.2.1. Extrapolación de la tendencia histórica.....	58
2.8.2.2.2. Los coeficientes técnicos.....	58
2.8.2.2.3. Métodos econométricos.....	58
2.8.3. La oferta.....	58

2.8.4.	El precio.....	59
2.8.4.1	Mecanismo de Formación de Precio.....	59
2.8.5.	La comercialización.....	60
2.9	Marcas y Logotipos.....	61
2.9.1	Historia de las marcas y logotipos.....	61
2.9.2	Tendencias para situar la marca.....	62
2.10	Identificación de las necesidades del Mercado del concreto ligero.....	64
2.10.1	Definición del tipo de producto a desarrollar.....	64
2.10.1.1	Caracterización de usos del concreto ligero.....	64
2.10.1.2	Normas de calidad.....	64
2.10.2	Análisis de la demanda.....	64
2.10.2.1	Perfil del consumidor.....	64
2.10.2.2	Demanda Potencial.....	65
2.10.2.3	Resultados de la investigación directa.....	66
2.10.2.4	Proyección de la demanda.....	72
2.10.3	Análisis de la Oferta.....	72
2.10.3.1	Características de los principales oferentes.....	72
2.10.3.2	Volumen de producción.....	74
2.10.3.3	Proyecciones de la oferta.....	76
2.10.3.4	Mercado para el proyecto.....	77
2.10.4	Análisis de precios y comercialización.....	78
2.10.4.1	Análisis de Precios.....	78
2.10.4.2	Comercialización.....	78
2.11.	Conclusiones capitulares.....	78
2.12.	Apéndices Estadísticos.....	80
2.12.1	Créditos y Subsidios Hipotecarios por tipo de programa.....	80
2.12.2	Créditos y Subsidios Hipotecarios por organismo según programa.....	80
2.12.3	Créditos y Subsidios Hipotecarios por Entidad Federativa según programa.....	81
2.12.4	Créditos e inversión ejercidos por organismo.....	81
2.12.5	Créditos e inversión ejercidos por programa y subprograma.....	82
2.13.	Bibliografía capitular.....	83

Capítulo 3

Factibilidad Técnica de un Concreto Fabricado a Base de Microesfera

3.1.	Fundamentos.....	89
3.2.	Estado del arte.....	89
3.3.	Reseña Histórica de los concretos.....	90
3.3.1.	Concreto reforzado.....	90
3.3.2.	Concreto presforzado.....	90
3.3.2.1.	Pretensado.....	91
3.3.2.2.	Postensado.....	91
3.3.2.3.	Elementos pre y postensados.....	91
3.3.3.	Concreto premezclado.....	92
3.3.4.	Concreto prefabricado.....	92

3.3.5.	Concreto de alta resistencia.....	92
3.3.6.	Concreto lanzado.....	93
3.3.7.	Concreto ligero.....	94
3.4.	Evolución de los concretos ligeros.....	94
3.5.	Clasificación de los concretos ligeros.....	96
3.6	Características del concreto ligero.....	97
3.6.1	Aislamiento térmico.....	97
3.6.2	Resistencia al fuego.....	98
3.6.3	Aislamiento acústico.....	98
3.7	Propiedades del concreto ligero	99
3.7.1	Densidad y resistencia a la compresión.....	99
3.7.2	Resistencia a la tensión y modulo de ruptura.....	100
3.7.3	Módulo de elasticidad.....	101
3.7.4	Flujo plástico.....	102
3.8	Componentes del concreto ligero.....	103
3.8.1	Cementantes.....	103
3.8.2	Agregados ligeros.....	103
3.8.2.1	Vermiculita exfoliada.....	104
3.8.2.2	Perlita expandida.....	104
3.8.2.3	Microesferas cerámicas huecas.....	105
3.8.2.4	Microesferas de vidrio.....	105
3.8.3	Agregados pétreos.....	106
3.8.4	Agua.....	106
3.8.5	Aditivos.....	107
3.8.5.1	Acelerador de la resistencia.....	108
3.8.5.2	Acelerador del fraguado y la resistencia.....	108
3.8.5.3	Retardador del fraguado.....	108
3.8.5.4	Inclisor de aire.....	108
3.8.5.5	Reductor de agua.....	108
3.8.5.6	Reductor de agua normal y acelerador de resistencia.....	108
3.8.5.7	Reductor de agua normal y retardador de fraguado.....	108
3.8.5.8	Reductor de agua en alto grado.....	109
3.8.5.9	Reductor de agua en alto grado y acelerador de resistencia.....	109
3.8.5.10	Plastificante simple.....	109
3.8.5.11	Plastificante y retardador del fraguado.....	109
3.8.5.12	Puzolana (en forma de aditivo o como componente de un cemento Pórtland-Puzolana).....	109
3.8.5.13	Generador de expansión regulada (en forma de aditivo o como componente de un mortero redosificado en seco)	109
3.9	Cálculo de Dosificación de Concreto ligero con microesfera como agregado siguiendo el procedimiento del <i>American Concrete Institute</i>	110
3.9.1	Consideraciones de Diseño.....	110
3.9.2	Análisis granulométrico para agregados fino y grueso.....	110
3.9.3	Requerimiento aproximado de agua para la mezcla, de acuerdo con el revenimiento, contenido de aire y graduación de los agregados disponibles.....	112
3.9.4	Selección de la relación Agua/Cementantes.....	114
3.9.5	Contenido de Cementantes.....	115
3.9.6	Cálculo del agregado grueso.....	115
3.9.7	Cálculo de contenido de agregado fino.....	115
3.9.8	Dosificaciones propuestas.....	116

3.9.8.1	Dosificación 1 Sin aire incluido y alto revenimiento.....	116
3.9.8.2	Dosificación 2 Con aire incluido y bajo revenimiento.....	118
3.9.8.3	Dosificación 3 Con aire incluido y alto revenimiento.....	120
3.10	Propiedades del concreto en estado fresco.....	122
3.10.1	Homogeneidad y Uniformidad.....	122
3.10.2	Consistencia.....	123
3.10.3	Compacidad.....	123
3.11	Propiedades del concreto en estado endurecido.....	124
3.11.1	Resistencia a la compresión simple.....	124
3.11.2	Resistencia a la tensión indirecta.....	125
3.12	Conclusiones capitulares.....	128
3.13	Apéndices capitulares.....	130
3.13.1	Valores de conductividad y resistividad térmica del concreto ligero y de sus materiales asociados.....	130
3.13.2	Diagramas de fallas en cilindros sometidos a compresión.....	131
3.13.3	Fichas Técnicas de los aditivos empleados en las mezclas.....	132
3.13.3.1	Pozzolith ®322N.....	132
3.13.3.2	Rheocell ®15.....	133
3.13.3.3	Fibermesh Fibers.....	134
3.13.3.4	Rheocell Rheofill.....	135
3.14	Bibliografía capitular.....	136

Capítulo 4

Factibilidad Económica

4.1	Fundamentos.....	141
4.2	Decisiones Económicas.....	142
4.2.1.	Decisiones de resultados inmediatos.....	142
4.2.2.	Decisiones que producen utilidades o ahorros a futuro.....	142
4.3	Objetivos del Estudio Financiero.....	142
4.4	Presupuestos.....	143
4.4.1.	Presupuesto de inversión.....	144
4.4.1.1.	Inversión fija.....	144
4.4.1.2.	Inversión diferida.....	144
4.4.1.3.	Activos Circulantes o Capital de trabajo.....	145
4.4.1.4	Cronograma de inversiones.....	146
4.4.2	Presupuestos de operación.....	146
4.4.2.1.	Presupuesto de ingresos de operación.....	146
4.4.2.2.	Presupuesto de egresos de operación.....	147
4.4.2.2.1.	Costos de producción.....	147
4.4.2.2.2	Gastos de Administración.....	148
4.4.2.2.3	Gastos de venta.....	148
4.4.2.2.4	Gastos Financieros.....	148
4.4.2.2.5	Impuesto y reparto de utilidades.....	148
4.4.2.3.	Estructura Financiera.....	148
4.4.2.3.1.	Fuentes internas.....	149
4.4.2.3.2.	Fuentes externas.....	150
4.4.2.3.3.	Condiciones financieras.....	150

4.5	Estados financieros pro forma.....	150
	4.5.1 Estado de resultados.....	151
	4.5.2 Balance General.....	151
	4.5.3 Estado de origen y aplicación de recursos.....	152
	4.5.4 Flujos de efectivo.....	153
	4.5.4.1 Flujo de efectivo del proyecto.....	154
	4.5.4.2 Flujo de efectivo del empresario o capital social.....	155
	4.5.4.2.1 Determinación y representación del flujo de efectivo de un proyecto.....	155
	4.5.4.2.2 Componentes básicos del flujo de efectivo de un proyecto.....	156
4.6	Principales indicadores financieros.....	156
	4.6.1 Capital de trabajo.....	156
	4.6.2 Prueba del ácido.....	156
	4.6.3 Rotación de clientes por cobrar.....	156
	4.6.4 Razones financieras a largo plazo.....	156
	4.6.5 Razón de propiedad.....	156
	4.6.6 Razones de endeudamiento.....	157
	4.6.7 Razón de extrema liquidez.....	157
	4.6.8 Valor contable de las acciones.....	157
	4.6.9 Tasa de rendimiento.....	157
	4.6.10 Punto de equilibrio.....	157
	4.6.11 Análisis de sensibilidad.....	157
4.7	Principales indicadores económicos.....	158
	4.7.1 Valor presente neto (VPN).....	158
	4.7.2 Tasa interna de retorno (TIR).....	159
	4.7.3 Relación Beneficio - Costo (B/C).....	160
	4.7.4 Periodo de recuperación.....	160
4.8	Indicadores para evaluación social.....	163
	4.8.1 Creación de empleos totales.....	163
	4.8.2 Costo por empleo generado.....	163
	4.8.3 Valor agregado.....	163
	4.8.4 Incremento en la producción total.....	163
	4.8.5 Relación producción total inversión.....	163
4.9	Diseño de la estructura de financiamiento óptima para el proyecto.....	163
4.10	Conclusiones capitulares.....	168
4.11	Bibliografía capitular.....	169

Capítulo 5

Análisis de Resultados

5.1	.Generalidades.....	173
5.2	Objetivos en las decisiones de Ingeniería.....	174
	5.2.1. Proceso general de decisión.....	174
	5.2.2. El sistema del proceso de decisión.....	175
	5.2.2.1. Toma de decisiones bajo certeza supuesta.....	176
	5.2.2.2. Toma de decisiones bajo riesgo.....	176
	5.2.2.3. Toma de decisiones bajo incertidumbre.....	176
	5.2.2.4. Decisiones secuenciales.....	176

5.2.2.5. Objetivos organizacionales para la toma administrativa de decisiones.....	176
5.2.2.6. Técnicas de administración más utilizadas en el proceso de toma de decisiones.....	177
5.3. Identificación de Alternativas.....	178
5.4. Clasificación de alternativas.....	178
5.4.1. Alternativas independientes.....	178
5.4.2. Alternativas dependientes.....	178
5.5. Evaluación de alternativas.....	179
5.5.1 Naturaleza de una decisión.....	180
5.5.2. Decisiones para proyectos.....	180
5.5.2.1. Decisiones para proyectar.....	180
5.6. Decisiones para seleccionar.....	181
5.6.1. La función de criterio.....	181
5.7. Análisis de la TIR de alternativas mutuamente excluyentes.....	183
5.8. Análisis de equilibrio.....	184
5.9. <i>Dumping</i>	186
5.10. Suposiciones al resolver problemas de análisis económico.....	186
5.11 Análisis de riesgo en la Toma de decisiones en Ingeniería.....	187
5.11.1 Riesgo/Incertidumbre.....	187
5.11.2 El Sistema de administración del Riesgo.....	188
5.12. Proceso de decisión para seleccionar una alternativa para la fabricación de un concreto ligero que cumpla con las características deseadas en la Industria de la construcción de nuestro país.....	188
5.12.1 Determinación de criterios.....	189
5.12.2 Asignación de valores a las alternativas.....	189
5.12.3 Asignación de valores a los criterios.....	190
5.12.4 Determinación de la función de criterio.....	191
5.13. Conclusiones capitulares.....	191
5.14. Bibliografía capitular.....	193
CONCLUSIONES.....	195

INTRODUCCIÓN

El concreto es el material para construcción más utilizado en el mundo, su uso se remonta a miles de años. Las características del concreto han ido cambiando a lo largo del tiempo, conforme se incorporan nuevas y más complejas necesidades en la Industria de la Construcción. Estas crecientes necesidades, plantean la exigencia de optimar recursos y buscar nuevas y mejores tecnologías para satisfacer dichos requerimientos. Para cubrir estas necesidades es necesario crear materiales innovadores que puedan satisfacer los nuevos retos que se presentan en esta industria. Es aquí donde el concreto ligero puede crear una nueva brecha para fabricar estructuras resistentes que puedan ser transportadas con facilidad, reduciendo los costos que esto implica. Este razonamiento me incita a estudiar este tipo de concreto.

El objetivo de este trabajo de investigación es obtener las propiedades mecánicas de un concreto ligero fabricado con microesfera como agregado y proponiendo innovadores usos en la industria de la construcción. El objetivo antes mencionado plantea la necesidad de establecer cuatro objetivos particulares:

- Identificar las características que tienen los concretos hechos a base de microesfera.
- Analizar el comportamiento y las resistencias que se pueden llegar a obtener en un concreto de estas características.

- Hacer un análisis sobre los costos de los insumos que emplearemos para buscar que este tipo de concreto pueda ser utilizado en mayor medida en la industria de la construcción de nuestro País.
- Realizar un estudio de mercado que me permita tener una visión más completa de la factibilidad económica que pueda tener este tipo de concreto en la Industria de la Construcción.

Para cumplir adecuadamente con los objetivos fijados se realizará una investigación documental sobre el estado del arte y los avances en esta materia. Esta investigación estará formada por cinco capítulos y un apartado de conclusiones y recomendaciones. Durante el desarrollo del trabajo de investigación se incluye la realización de ensayos en laboratorio.

Finalmente se realizará una evaluación económica utilizando la siguiente pregunta ¿Es posible producir económicamente concreto hechos a base de microesfera?

“Pueblo que se resigna a tecnologías pasadas, sucumbe en el campo de la ignorancia y se entierra en sus ideales”.

Wily Fiallos

CAPÍTULO 1

FORMULACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Índice Capitular:

- 1.1. Generalidades
- 1.2. El Proceso de Inversión
- 1.3. El Ciclo de vida de los proyectos
 - 1.3.1. Relación Técnico - Económica y Relación Físico - Social
 - 1.3.2. Representación Visual Diagnóstico, pronóstico e imagen normativa u objetivo
 - 1.3.3. Secuencia de estudios comprendidos en la fase de Formulación y Evaluación de Proyectos
- 1.4. Niveles de Profundización
 - 1.4.1 Nivel Idea

- 1.4.2 Nivel Prefactibilidad
- 1.4.3 Nivel Factibilidad
- 1.4.4 Nivel de Implantación o de detalle
- 1.5. Estudios de Oportunidad
- 1.6. Proceso de preparación y evaluación de proyectos
 - 1.6.1 La evaluación de proyectos como un proceso y sus alcances
- 1.7. Esquema para la elaboración del proyecto de investigación
 - 1.7.1 El Problema
 - 1.7.1.1. Título descriptivo del proyecto
 - 1.7.1.2. Formulación del problema
 - 1.7.1.3. Objetivos de la Investigación
 - 1.7.1.4. Justificación
 - 1.7.1.5. Limitaciones
 - 1.7.2. Marco de referencia
 - 1.7.2.1. Fundamentos teóricos
 - 1.7.2.2. Antecedentes del problema
 - 1.7.2.3. Elaboración de Hipótesis
 - 1.7.2.4. Identificación de las variables
 - 1.7.3. Metodología
 - 1.7.3.1 Diseño de técnicas de recolección de información
 - 1.7.3.2 Población y muestra
 - 1.7.3.3 Técnicas de análisis
 - 1.7.3.4 Guía de trabajo de campo
 - 1.7.4 Aspectos Administrativos
 - 1.7.4.1 Recursos Humanos
 - 1.7.4.2 Presupuesto
 - 1.7.4.3 Cronograma
- 1.8 Conclusiones Capitulares
- 1.9 Apéndices Estadísticos

1.9.1 Invenciones

1.9.1.1 Solicitudes de patente por nacionalidad. Principales Países 1993 - 2003

1.9.1.2 Solicitudes de patente por país de origen. Principales Países 1997 - 2003

1.9.1.3 Patentes otorgadas por nacionalidad del titular. Principales Países 1993 - 2003

1.9.1.4 Patentes otorgadas a titulares mexicanos por área tecnológica 1993 - 2003

1.9.1.5 Registros de modelo de utilidad de mexicanos por área tecnológica 1993 - 2003

1.9.2 Signos Distintivos

1.9.2.1 Solicitudes de Marca por Nacionalidad. Principales países 1993 - 2003

1.9.2.2 Marcas Registradas por Nacionalidad del titular. Principales países 1993 - 2003

Introducción Capitular

- a) **Objetivo capitular:** Describir lo importante y necesario que debe ser elaborar una adecuada evaluación de proyectos para fijar las bases durante el proceso de toma de decisiones técnicas y económicas de un producto innovador que puede ser utilizado en la industria de la construcción.
- b) **Descripción:** En el presente capítulo se describe de manera general el planteamiento del problema, así como las características que debe tener todo proyecto de inversión a través del ciclo de vida de los proyectos.
- c) **Técnicas y fuentes de información consultadas:** Se consultó literatura especializada en evaluación de proyectos y en ciclo de vida de los proyectos, se buscó complementar esta información con tesis relacionadas con el tema, artículos publicados en revistas e información obtenida en Internet.
- d) **Limitaciones:** Difícil acceso a los programas de estímulo a la innovación tecnológica que permitan tomar una base sólida para el impulso de proyectos de investigación e innovación tecnológica.

Desarrollo Capítular

1.1 Generalidades:

Los proyectos tienen como objetivo encontrar una solución inteligente al planteamiento de un problema, buscando siempre resolver una necesidad u obtener un beneficio personal o para un sector de la población.

“Un problema surge cuando existe el deseo de transformar un estado de condiciones, en otro, siempre y cuando haya más de una manera posible de lograr dicha transformación¹”

La formulación y evaluación de proyectos combina el trabajo multidisciplinario² de varias profesiones para conocer, explicar y proyectar lo complejo de la realidad en donde se pretende introducir una nueva iniciativa de inversión y con ello elevar sus probabilidades de éxito.

Todo tipo de proyectos surge porque algún tipo de necesidad humana no está satisfecha plenamente. Las necesidades humanas se pueden ordenar de dos formas:

- Por jerarquías
- Por niveles

“Jerarquizar las necesidades humanas quiere decir que no todas ellas tienen la misma consideración e importancia³”.



¹ KRICK Edward, “Introducción a la Ingeniería y al proyecto en la Ingeniería”, Editorial Limusa-Wiley, México 1967, Primera Edición, página 26.

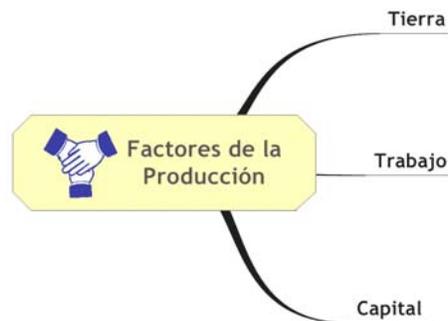
² La intención de investigación de un grupo de profesionistas de varias áreas es detectar la posibilidad y definir el proceso de inversión en un sector, región o país.

1.2 El Proceso de Inversión

El proceso de inversión se define como:

“La actividad que consiste en asignar recursos económicos a fines productivos, mediante la formación bruta de capital fijo, con el propósito de recuperar con creces los recursos asignados.⁴”

Con base en lo anterior, los factores de la producción estarán orientados a transformar insumos (materias primas, materiales, etc.) para generar productos (bienes y servicios) cuyo consumo va a satisfacer las necesidades físicas o psicosociales de un sector de la población.



Previo a adentrarnos al ciclo de vida de los proyectos, definiremos **Proyecto de Inversión**, mediante dos definiciones de diferentes autores:

“Un plan que, si se le asigna determinado monto de capital y se le proporcionan insumos de varios tipos, podrá producir un bien o un servicio, útil al ser humano o a la sociedad en general.⁵”

“Propuesta de inversión, documentada y analizada técnica y económicamente, destinada a una futura unidad productiva, que prevé la obtención organizada de bienes o de servicios para satisfacer las necesidades físicas y psicosociales de una comunidad, en un tiempo y espacio definidos.⁶”

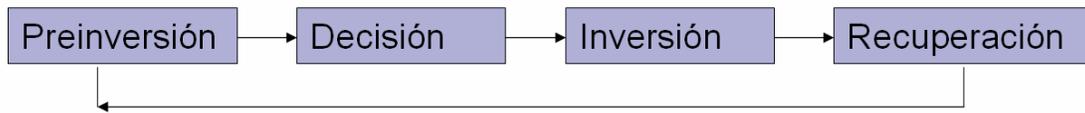
³ GÓMEZ SENET Eliseo, “El proyecto Diseño en Ingeniería”, Editorial Alfaomega, Primera Edición, México 2001, Página 64

⁴ NACIONAL FINANCIERA, “Guía para la formulación y evaluación de proyectos de inversión”, página 4, México DF.

⁵ BACA URBINA Gabriel, “Evaluación de Proyectos”, *Mc Graw Hill*, Cuarta Edición, página 2, México, 2001.

⁶ NACIONAL FINANCIERA, “Guía para la formulación y evaluación de proyectos de inversión”, página 5, México DF.

El proyecto de inversión se forjará mediante cuatro etapas ordenadas y perfectamente diferenciables en contenido:

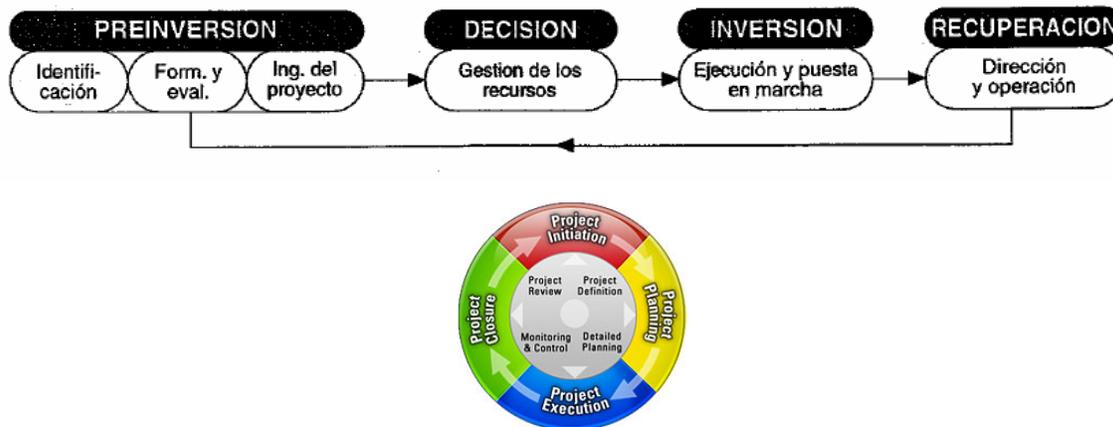


Considerando las cuatro etapas anteriores podemos derivar el ciclo de vida de los proyectos, directamente del proceso de inversión.

1.3 Ciclo de Vida de los Proyectos

El enfoque de acciones de manera sistemática y metodológica, ha dado origen a lo que se conoce como ciclo de vida de los proyectos⁷ y que permite comprender y explicar la realidad que determina la viabilidad de algún proyecto de inversión, así como las expectativas de rentabilidad y recuperación de las inversiones esperadas.

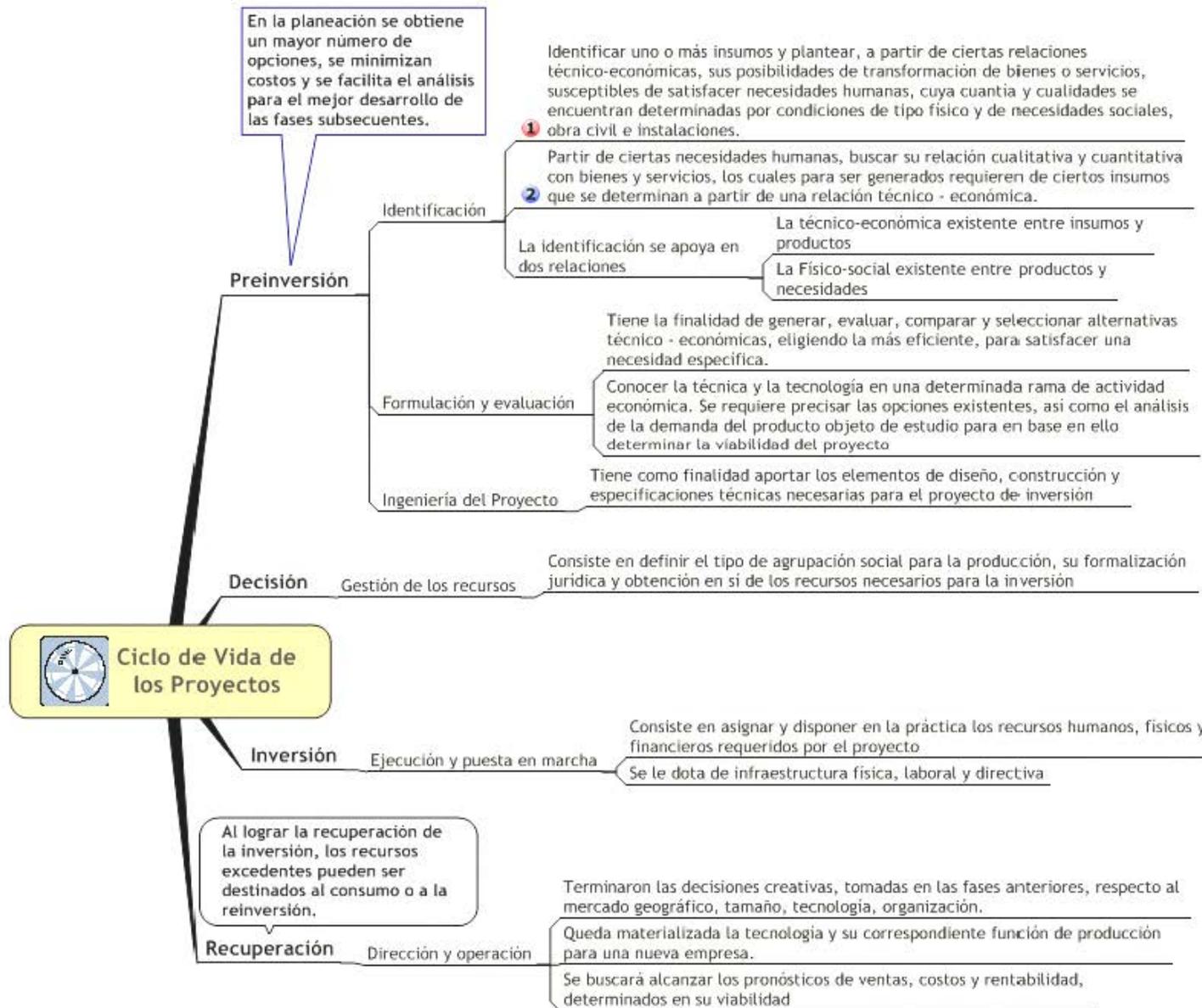
De esta manera el proceso de inversión se constituirá en su objeto de análisis para ir planteando las diversas etapas del ciclo de vida de los proyectos, mismas que se muestran a continuación:



Figura⁸ 1 Ciclo de Vida de los Proyectos

⁷ Conjunto de etapas sucesivas que abarcan desde la concepción, nacimiento, desarrollo y extinción de un proyecto de inversión.

⁸ Ciclo de vida de los proyectos. Figura Obtenida de la página *web* <http://www.method123.com>



Las tres primeras fases del ciclo de vida de los proyectos (Identificación, Formulación, Valuación e Ingeniería del Proyecto) que en conjunto están definidas en la etapa de preinversión, centran gran cantidad de su análisis en información tanto en las ciencias sociales, de tipo probabilístico, como en las ciencias exactas de tipo determinístico. De su relación en un sistema lógico, se obtiene la comprensión, explicación y perspectivas de un proyecto específico de inversión.

1.3.1 Relación Técnico - Económica y Relación Físico - Social

La identificación se apoya en dos relaciones:



La Relación Técnico - Económica: Es una función de producción y su importancia se refleja en el eficiente aprovechamiento de materias primas y otros materiales por unidad de producto. En este sentido, es importante su consideración desde el punto de vista de la oferta. Complementariamente, la Relación Físico - Social tiene influencia determinante desde el punto de vista de la demanda de un proyecto.



Las relaciones que pueden apreciarse en la figura anterior nos permiten comprender dos de las posibles fuentes de identificación de proyectos, e indican las relaciones cualitativas que dan motivo a los análisis de la oferta y la demanda de un proyecto de inversión, realizadas en la fase de "Formulación y Evaluación"

ETAPAS	FASES DE DESARROLLO	FINALIDAD	CONTENIDO	RESULTADO	NIVEL DE ESTUDIOS	TIPO DE ESTUDIOS
P R E I N V E R S I O N	Identificación	Detectar necesidades y recursos para buscar su satisfacción y aprovechamiento eficiente	Diagnóstico, pronóstico e imagen objetivo	Las estrategias y lineamientos de acción	—Gran visión	—Regional —Sectorial —Programa de inversión —Plan maestro
	Formulación y evaluación	Generar y seleccionar opciones y determinar la más eficiente para satisfacer una necesidad específica o aprovechar un recurso	Análisis y evaluación de opciones	La opción óptima y su viabilidad técnica, económica y financiera	-Perfil -Prefactibilidad -Factibilidad	—Mercado —Técnico —Tecnológico —Financiero —Evaluación —Organización
	Ingeniería del proyecto	Contar con los elementos de diseño construcción y especificaciones necesarios	Desarrollo de la ingeniería básica y de detalle	Memorias de cálculo, diseño, especificaciones y planos	—Proyecto definitivo de ingeniería	—Ingeniería básica —Ingeniería de detalle
Decisión	Gestión de los recursos	Definir el tipo de agrupación social, formalizarla y obtener los recursos	Negociaciones jurídicas, financieras y laborales	La capacidad jurídica y los recursos requeridos por la inversión	—Asesoría	—Financiero —Jurídico —Laboral
Inversión	Ejecución y puesta en marcha	Disponer de los recursos humanos, físicos y financieros	Programas de construcción, instalación y montaje; reclutamiento, selección y formación de recursos humanos. Pruebas de maquinaria y equipo	La infraestructura física, laboral y directiva; y ajustes de maquinaria y equipo	—Plan de ejecución	Programa: —Construcción, instalación y montaje —Adquisiciones —Formación de recursos humanos —Financiero —Puesta en marcha
Recuperación	Operación y dirección	Generar eficientemente beneficios económicos y sociales	Planeación, organización, dirección, evaluación y control	La producción de satisfactores eficaces	—Optimización	—Eficiencia de proceso —Aseg. de calidad —Sist. y Proc. —Desarrollo Org. —Planeación Fin. —Mercadotecnia —Planeación estratégica

Figura⁹ 2 Modelo Programático del Proceso de Inversión

⁹ Modelo elaborado por el Fondo Nacional de Estudios y Proyectos en 1986, con el fin de buscar una mejor comunicación entre todos los participantes que colaboran en las distintas fases del ciclo de vida de los proyectos.

1.3.2 Representación Visual (Diagnóstico, pronóstico e imagen normativa u objetivo)

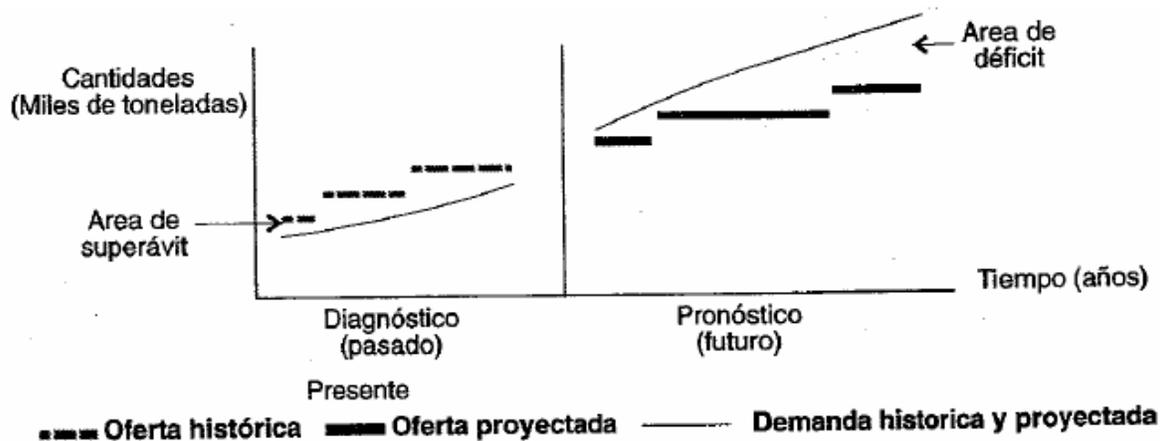


Figura 3 Representación Visual

La identificación de proyectos comprende diversos estudios: de tipo regional, sectorial, programas de inversiones y planes maestros. Su análisis suele realizarse a un nivel de gran visión.

En los estudios regionales se selecciona y acota un área geográfica de interés para los inversionistas. Se buscan oportunidades de inversión mediante la detección de recursos, por ejemplo:

- En los estudios sectoriales se inicia a partir de la selección, de parte de los promotores de proyectos, de un sector, rama o subrama de actividad económica.
- Un programa de inversiones radica en congregar, dentro de una partida presupuestal de inversión global para un mismo periodo.
- Un plan maestro de inversiones concentra proyectos interdependientes.

1.3.3 Secuencia de estudios comprendidos en la fase de Formulación y Evaluación de Proyectos



Figura¹⁰

El estudio de mercado debe ser formulado con información y teorías provenientes de la demanda, el comportamiento del consumidor, las estadísticas de oferentes y sistemas de comercialización de un determinado producto. Cuando se verifica que hay una demanda potencial del producto en estudio, se procede a realizar un estudio técnico con el fin de obtener la opción técnico - económica más viable del proyecto.

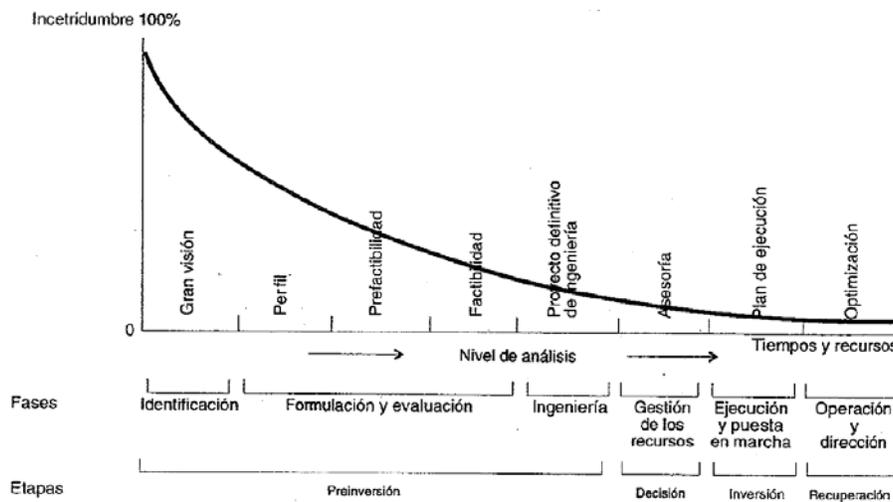
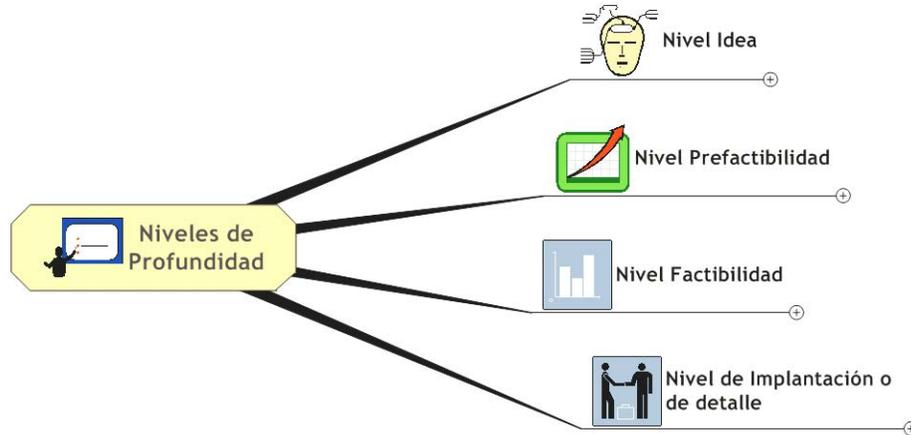


Figura 4 Nivel de Análisis de los Estudios sobre proyectos de inversión

¹⁰ La secuencia anterior tiene el propósito de disminuir los riesgos de un proyecto de inversión.

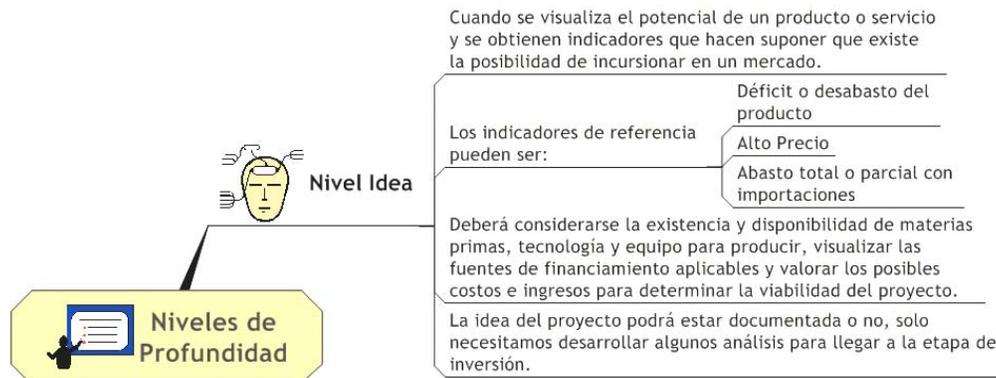
La incertidumbre de la inversión que está representada en el eje de las "x", va disminuyendo continuamente en la medida en que se conoce una mayor cantidad y calidad de información, en conjunto con las técnicas de análisis sobre el proyecto, en el tiempo.

1.4 Niveles de Profundidad

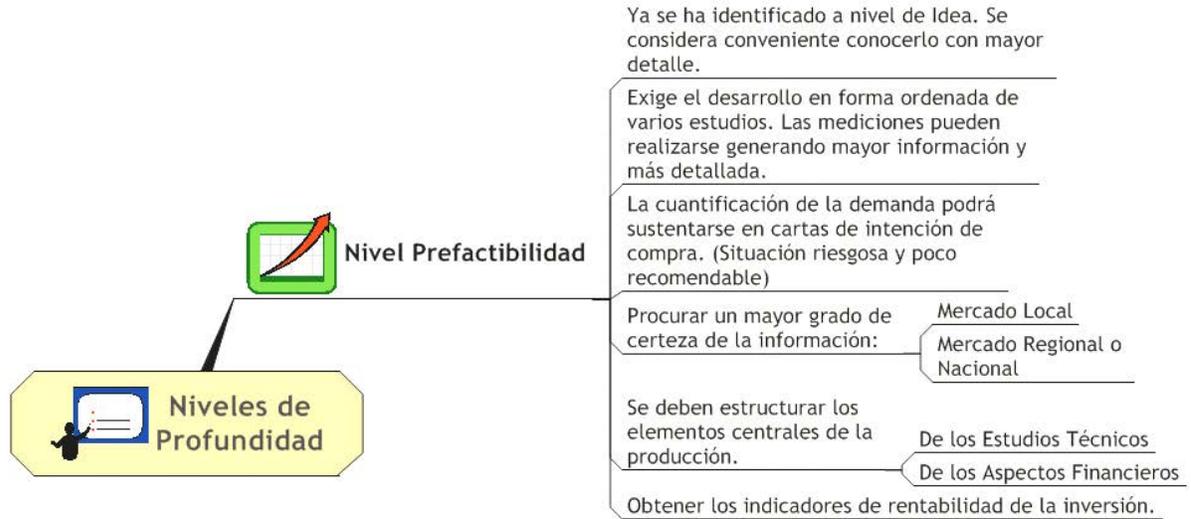


El estudio del proyecto, se realiza en etapas sucesivas y a diferentes niveles de profundidad. Se realiza investigación y análisis de los indicadores gradualmente más detallados, tanto en el mercado, los aspectos técnicos y los financieros para de esta manera tener una idea global y garantizar el menor riesgo de la inversión. Se logrará avanzar con mayor certeza y a un costo mucho menor.

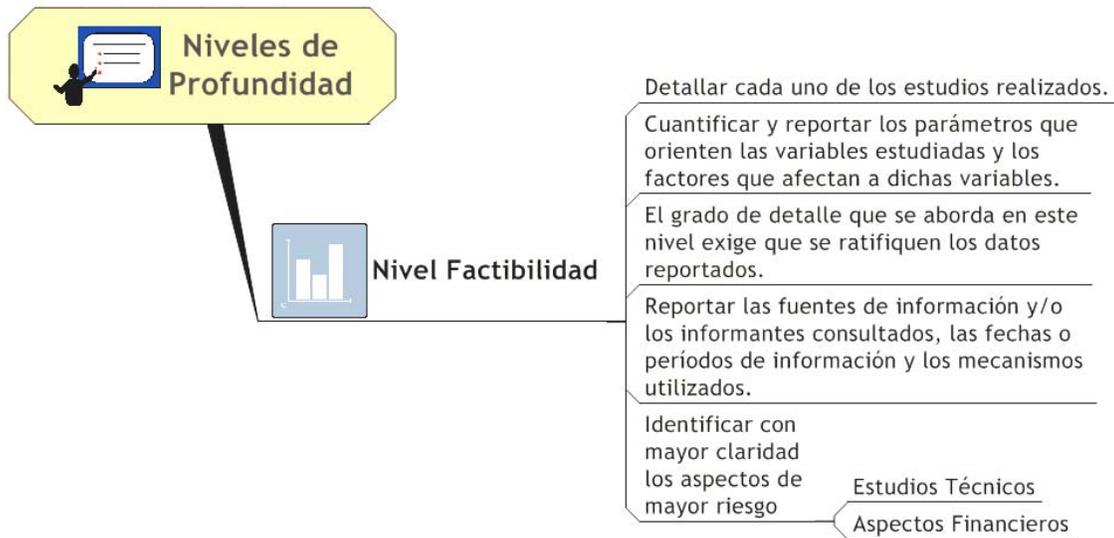
1.4.1 Nivel Idea



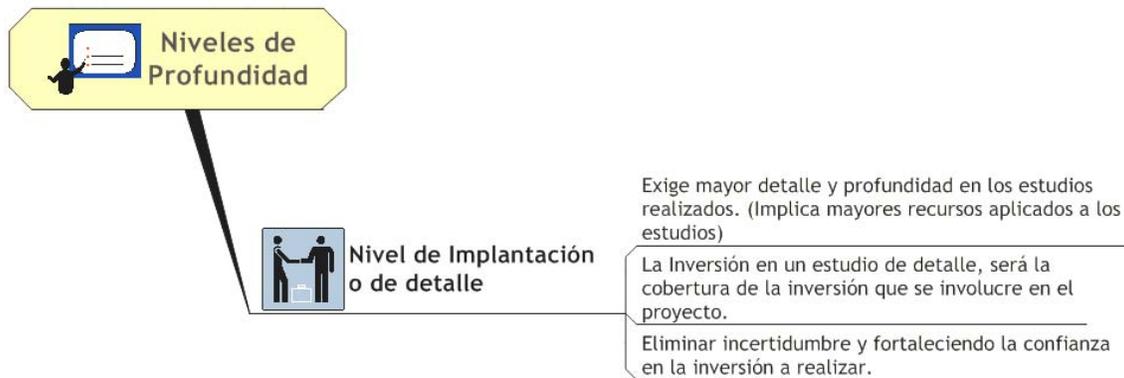
1.4.2 Nivel de Prefactibilidad



1.4.3 Nivel Factibilidad



1.4.4 Nivel de Implantación o de detalle



1.5 Estudios de Oportunidad

Los estudios de oportunidad concretan los objetivos planteados y enfatizan los resultados que aportan al proyecto, los plazos y costos que se emplearán para la realización del proyecto.

1.6 Proceso de preparación y evaluación de proyectos

Cada estudio de un proyecto de inversión es único, sin embargo la metodología que se aplica tiene la particularidad de adaptarse a cada objeto en estudio.

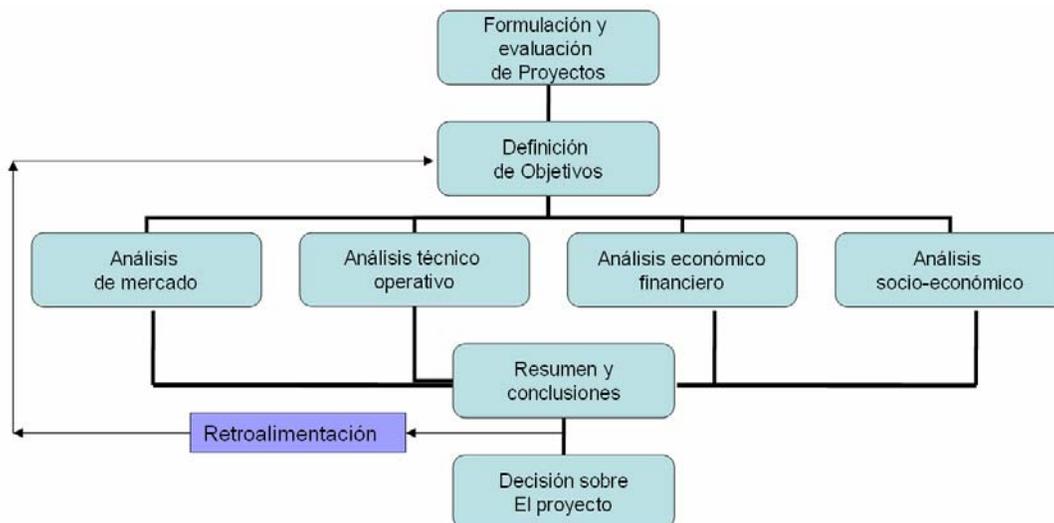


Figura 5 Estructura general de la evaluación de proyectos¹¹

¹¹ Describir el proceso global y las interrelaciones de un estudio de factibilidad

1.6.1 La evaluación de proyectos como un proceso y sus alcances

La evaluación de proyectos puede estar dividida en tres grandes niveles que se muestran en la siguiente figura.

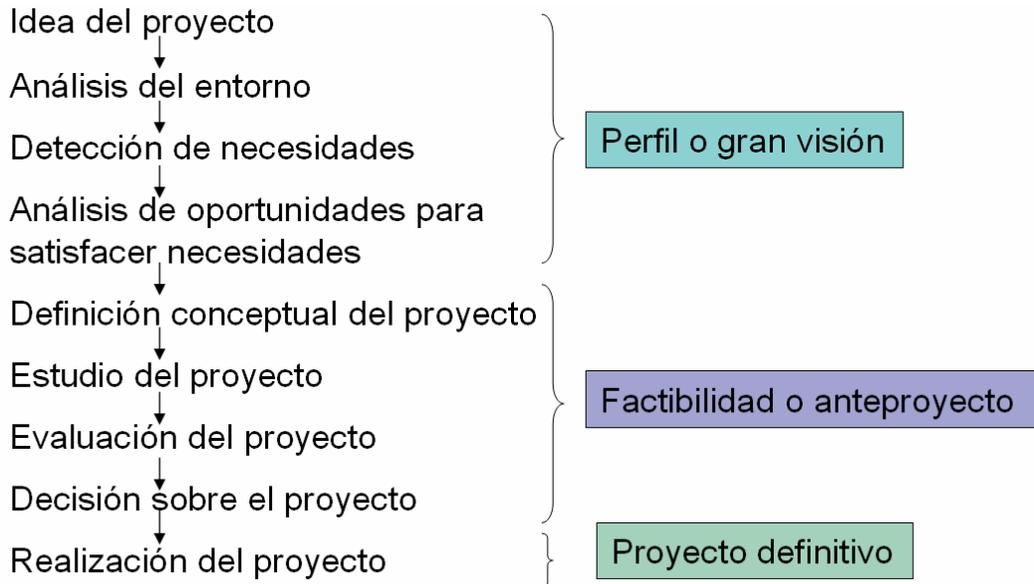
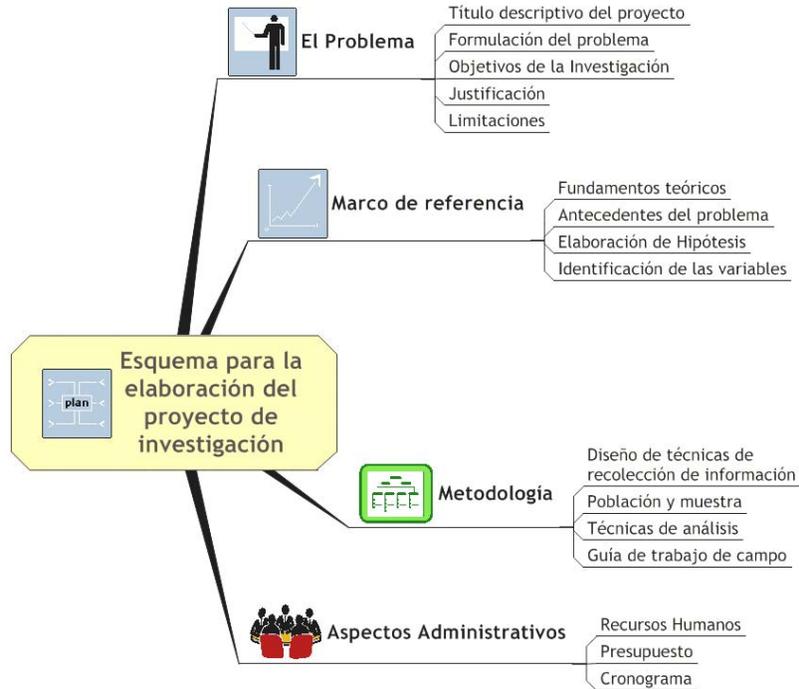


Figura 6 Proceso de la evaluación de proyectos

Todo proyecto de inversión se conceptualiza con una gran idea y cada una de las siguientes etapas es la profundización de la idea original inicial.

1.7 Esquema para la elaboración del proyecto de investigación



1.7.1. El Problema

La participación de los alumnos de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la UNAM en el concurso *National Concrete Canoe Competition* en *Madison, Wisconsin*, E.U.A. en junio del 2002 aportó la fabricación de un concreto ligero con propiedades muy particulares. Esta primera experiencia incitó a alumnos de generaciones posteriores a continuar participando en el concurso de canoas de concreto y a seguir desarrollando concretos con mejor desempeño. El concreto ligero que ha sido fabricado en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UNAM tiene características que pueden ser aprovechadas en la Industria de la construcción, por lo anterior, el problema a resolver en esta investigación es:

- ¿Puede fabricarse un concreto ligero y versátil, que cumpla con las características técnicas y económicas necesarias para que sea aplicado en la Industria de la Construcción de nuestro país?

1.7.1.1. Título descriptivo del proyecto

Evaluación técnica y económica del proyecto de inversión de un concreto fabricado a base de microesfera.

1.7.1.2. Formulación del problema

Las constantes mejoras que se han tenido en el desempeño del concreto ligero fabricado en la Facultad de Ingeniería desde el primer diseño realizado, puede abrir un nicho de mercado en ciertos sectores de la construcción, donde las características y las propiedades de este tipo de concreto pueden hacer factible su utilización. Para ello se realizará una evaluación técnico-económica de un concreto fabricado a base de microesfera.

“Al hablar pues de la ciencia como fuerza productiva directa es necesario considerar que ella subyace a un gran proceso de cambios económicos, los cuales transforman de manera radical procesos productivos, donde la investigación trasciende las fronteras del laboratorio para abarcar grandes empresas e incidir en la reconceptualización de la relación entre los centros generadores de conocimientos con los productivos y prestadores de servicios, para cambiar procesos administrativos y laborales, y así determinar nuevos perfiles de calificación, como también bloques económicos mundiales.¹²”

1.7.1.3. Objetivos de la Investigación

- Identificar las propiedades que tienen los concretos hechos a base de microesfera.
- Analizar el comportamiento y las resistencias máximas que se pueden llegar a obtener en un concreto con estas características.

¹² MAYER Leticia, VARELA Roberto, “Los Grandes Problemas de la Ciencia y la Tecnología. Condiciones y Retos para la Investigación Científica y Tecnológica”, UNAM, UAM, Primera Edición, México 1994, página 216

- Hacer un análisis sobre los costos de los insumos que emplearemos para buscar que este tipo de concreto pueda ser utilizado en mayor medida en la industria de la construcción de nuestro país.
- Realizar un estudio de mercado que me permita tener una visión más completa de la factibilidad económica que pueda tener este tipo de concreto en la Industria de la Construcción.

1.7.1.4. Justificación

“Innovamos muy poco, y aprovechamos poco la tecnología”¹³

La investigación y el desarrollo tecnológico constituyen en principio, la creación o adaptación de nuevos productos que pueden responder a las necesidades actuales y futuras de la población o de un sector en específico; en este sentido los ingenieros debemos enfocarnos en responder a la realidad tecnológica del mundo actual, por lo que el desarrollo tecnológico que se realiza en las Universidades Públicas debe perfilar trabajos de investigación comprometidos con las innovaciones que el país requiere.

“La tecnología, en general, y la ingeniería en específico, comparten los valores de la ciencia, y cultivan la originalidad, la elegancia y el rigor, entre otros. Sin embargo, lo más característico de la tecnología es la utilidad. De hecho, en la nueva relación social de las actividades humanas, la tecnología es un asunto de la economía.”¹⁴

1.7.1.5. Limitaciones

El concreto ligero ha sido utilizado para la construcción desde hace ya mucho tiempo, sin embargo la literatura con que se cuenta en la actualidad de este tipo particular de concreto no es muy vasta y generalmente se encuentra en idioma Inglés. Aunado a ello, el insumo principal para la fabricación de este tipo de concreto es la microesfera¹⁵, este producto no se encuentra fácilmente disponible en el mercado mexicano y tiene un alto costo. Este trabajo de investigación buscará encontrar un producto sustituto que proporcione las

¹³ NEWELL Roberto, *“Foro de Políticas Públicas para el Desarrollo de México”*, Competitividad, México 2006.

¹⁴ FERNANDEZ ZAYAS José Luis, *“Los retos de la Vinculación en el Siglo XXI”*, Ediciones Abedul, Primera Edición, México 2003, página 13.

mismas propiedades que la microesfera, buscando que la fabricación de este insumo sustituto sea de fabricación nacional, reduciendo con esto significativamente el costo del producto final.

1.7.2. Marco de referencia

Se tomará como marco de referencia los concretos ligeros que se producen actualmente en nuestro País. Se realizará una comparación entre el peso volumétrico y la resistencia obtenida en nuestro concreto a estudiar, con los concretos ligeros que ya son producidos y comercializados en nuestro país. Se realizará una investigación de mercado para obtener una base sólida sobre el mercado cautivo¹⁶ que existe en el sector de la Construcción.

1.7.2.1. Fundamentos teóricos

Este trabajo de investigación será enfocado y atacado como un problema de evaluación de proyectos y estará sustentado mediante una consulta detallada con bibliografía especializada en evaluación de proyectos, proyectos de inversión, ingeniería económica, tecnología del concreto y análisis de riesgo. Así mismo la parte técnica será realizada en laboratorios de tecnología del concreto.

1.7.2.2. Antecedentes del problema

Anualmente cientos de universidades alrededor del mundo participan en el concurso de diseñar, construir y remar una canoa de concreto. La experiencia en la fabricación de concretos ligeros que se ha tenido con la participación de los alumnos de la UNAM en estos concursos me ha incitado a realizar una evaluación técnica y económica de estos concretos tan particulares e impulsar estos resultados para su uso en la industria de la construcción.

Este fascinante tema de investigación ha sido abordado en tres ocasiones anteriores y ha concluido con 3 tesis de Licenciatura.

¹⁵ Esferas microscópicas de vidrio.

¹⁶ El mercado cautivo se refiere a la situación en la que los demandantes tienen pocas posibilidades de elegir al vendedor de un producto o servicio.

- La Programación y Presupuestación del proyecto Canoas de Concreto 2003¹⁷
- Aspectos de Diseño y Análisis Estructural de una canoa de materiales Compuestos¹⁸
- Construcción de la Segunda Canoa de Concreto del Equipo Representativo de la UNAM ¹⁹

Este cuarto trabajo de investigación recopila parte de la información que se ha generado para impulsar su factibilidad y uso.

1.7.2.3. Elaboración de Hipótesis

“Una hipótesis es una suposición que permite establecer relaciones entre hechos. El valor de una hipótesis reside en su capacidad para establecer esas relaciones entre los hechos, y de esa manera explicarnos por qué se produce²⁰”.

Los constantes incrementos en las necesidades de infraestructura de nuestro país y las proyecciones de aumento en la población suponen la necesidad de realizar grandes obras en los próximos años. En dichos proyectos los requerimientos de inversión deberán ser aprovechados y los ingenieros debemos buscar optimizar los recursos mediante la utilización de materiales innovadores capaces de aportar mayores cualidades que los materiales convencionales, por lo que al existir productos más versátiles, puedan incentivar su utilización y posicionarse en el mercado.

Por ejemplo: Al existir un concreto ligero con propiedades muy similares que los concretos normales, pero aportando nuevas propiedades que hagan que las

¹⁷ CHÁVEZ GASCA Milton, “La Programación y Presupuestación del proyecto Canoas de Concreto 2003”, Facultad de Ingeniería, UNAM, México 2003.

¹⁸ CÁMARA STOUGAARD Rafael, “Aspectos de Diseño y Análisis Estructural de una canoa de materiales compuestos”, Facultad de Ingeniería, UNAM, México 2004.

¹⁹ MARTINEZ ORTIZ Aarón, MARTINEZ RUIZ Guillermo Fabián, SOLIS PEREZ Carlos, “Construcción de la Segunda Canoa de Concreto del Equipo Representativo de la UNAM”, Facultad de Ingeniería, UNAM, México 2004.

²⁰ LÓPEZ CANO José Luis, “Método e Hipótesis Científicos”, Editorial Trillas, Segunda Reimpresión, México 1992, página 76.

estructuras tengan mejores comportamientos, durabilidad y que además reduzcan significativamente los costos de construcción.

1.7.2.4. Identificación de las variables²¹

Las variables que determinarán la factibilidad técnica y económica de este proyecto de inversión, estarán principalmente enfocadas en los insumos que se utilizarán para la fabricación del concreto ligero, así como de los posibles insumos sustitutos que permitirán producir un producto similar pero con un menor costo. Será de vital importancia encontrar la identificación de un segmento del mercado donde sea factible su introducción y uso. Por lo anterior una adecuada identificación de las variables críticas de este estudio de investigación será la base para su factibilidad.

1.7.3. Metodología

La metodología para desarrollar este trabajo de investigación consistirá en aplicar el desarrollo del ciclo de vida de un proyecto expuesto en este capítulo en el subtema 2.3.

1.7.3.1 Diseño de técnicas de recolección de información

En este trabajo de investigación se utilizarán fuentes de información secundarias basadas en revistas especializadas o en publicaciones del sector de la construcción, se recurrirán a estadísticas sobre las características de los consumidores, la competencia en el mercado, la capacidad instalada de producción, el precio, etc. Así mismo se aplicará una encuesta en una reunión mensual del ACI²² Capítulo México que es el principal foro de los expertos del concreto en México y se realizará un estudio de mercado telefónico con los

²¹ También conocidos como identificadores.

²² *American Concrete Institute*

consumidores potenciales del concreto ligero para ello se utilizará una página *web* que servirá de base de datos para la recolección de la información.

1.7.3.2 Población y muestra

Una muestra debe ser representativa si va a ser usada para estimar las características de una población. Los métodos de muestreo que se utilizarán en este trabajo de investigación serán clasificados de acuerdo al número de muestras tomadas de una población. La población muestra para realizar nuestra investigación de mercado será seleccionar a los expertos en tecnología del concreto a los que se les aplicará una consulta.

Se tomará una muestra entre los profesionales del concreto con el propósito de inferencia estadística, tratando de que la muestra sea lo suficientemente grande para poder extraer una conclusión. Si el resultado de la muestra no es decisivo, se extraerá una segunda muestra de la misma población y se combinarán los resultados de las dos muestras para tener un resultado definitivo. Los elementos de la muestra serán seleccionados mediante dos diferentes muestras; una muestra probabilística conocida como de juicio y no aleatoriamente, buscando que los elementos de la muestra sean expertos en tecnología del concreto y se buscará también aplicar un muestreo estratificado en donde dividiremos a la población en grupos o estratos y los elementos a analizar serán seleccionados por un método sistemático de cada estrato. Las estimaciones de la población, basadas en la muestra estratificada, usualmente tienen mayor precisión y menor error muestral que si la población entera fuera muestreada utilizando un muestreo aleatorio simple, debido a que el tema de investigación no es del dominio de un gran sector de los Constructores.

1.7.3.3 Técnicas de análisis

El eje principal de este trabajo de investigación es utilizar el ciclo de vida de un proyecto, donde se realizarán los análisis de la demanda, los análisis de los datos

de fuentes primarias, los análisis de la demanda con fuentes secundarias, etc. Por lo que las técnicas de análisis que se aplicarán serán referenciadas particularmente a cada subtema del proyecto de investigación.

1.7.3.4 Guía de trabajo de campo

La guía de trabajo de campo para este proyecto de investigación será la siguiente:

- Se realizará un sondeo sobre las características de los concretos ligeros que se utilizan actualmente en la industria de la construcción en México.
- Se diseñará la muestra para realizar la investigación de mercado, y se prepararán los materiales para realizarla.
- Se recolectará la información para complementar la investigación de mercado.
- Se trabajará en la obtención de los materiales a utilizar para la fabricación del concreto ligero.
- Se buscará un laboratorio certificado para la realización de las pruebas necesarias.

1.7.4 Aspectos Administrativos

Los aspectos administrativos en todo trabajo de investigación estarán enfocados principalmente a la obtención del financiamiento necesario para el desarrollo de todas las fases del proyecto. Se deberán buscar patrocinadores para conseguir los principales insumos a utilizar para la elaboración del producto final.

1.7.4.1 Recursos Humanos

Una de las características más atractivas de las sociedades modernas e innovadoras es el uso intensivo, coordinado y especialmente aplicado de la

creatividad en sus recursos humanos; para comprender mejor lo anterior definiremos creatividad como:

“La creatividad es una actitud mental que nos mueve a producir ideas nuevas o relacionar ideas viejas en forma novedosa²³”

Lamentablemente cada día se ha ido perdiendo el uso de la creatividad en los proyectos de investigación que se desarrollan en nuestro país, prueba de ello es la cantidad tan limitada de patentes que se registran en el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, y que reducen la creación de invenciones de aplicación industrial para nuestro país, y nos coloca en una situación complicada en la competitividad de los mercados internacionales, este atraso tecnológico nos amenaza principalmente contra los monopolios internacionales. Entiéndase por dependencia tecnológica como:

“un estado de subordinación y/o condicionamiento, en el que las decisiones tecnológicas clave de algunas unidades productivas están condicionadas por las decisiones tomadas por otras empresas que controlan la disponibilidad y el uso de uno o más elementos tecnológicos²⁴”

Por lo anterior este trabajo de investigación buscará cumplir lo que menciona la Ley Orgánica de la Universidad Nacional Autónoma de México en su capítulo primero.

“La Universidad Nacional Autónoma de México es una corporación pública organismo descentralizado del Estado dotada de plena capacidad jurídica y que tiene por fines impartir educación superior para formar profesionistas, investigadores, profesores universitarios y técnicos útiles a la sociedad; organizar y realizar investigaciones, principalmente acerca de las condiciones y problemas nacionales, y extender con la mayor amplitud posible los beneficios de la cultura.²⁵”

En nuestro país los conocimientos científicos han modificado nuestra sociedad, hemos importado tecnología que viene acompañada de patrones socioculturales ajenos a nuestra realidad, hemos aceptado pautas de consumo desconectadas de

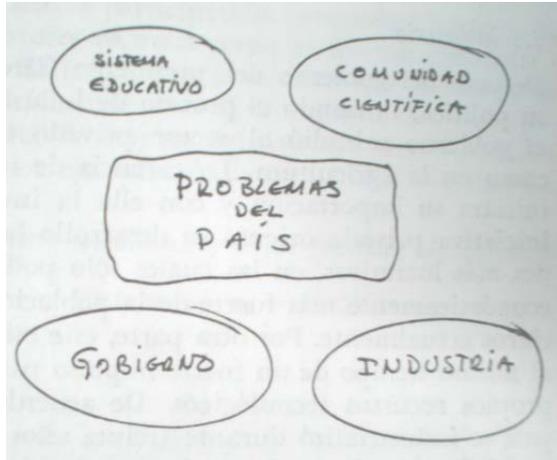
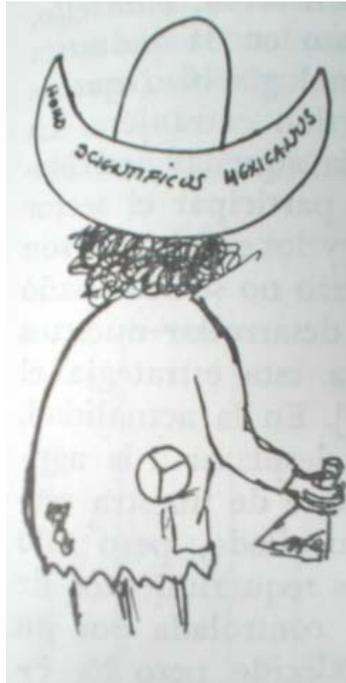
²³ ALCARAZ LOZANO Federico, “La Creatividad en la Ingeniería”, Sistemas Técnicos de edición, Primera Edición, CONACYT, México 1991, página 14.

²⁴ MERCADO GARCÍA Alfonso, “Estructura y dinamismo del mercado de tecnología industrial en México”, El colegio de México, Primera Edición 1980, página 7.

²⁵ Ley Orgánica de la Universidad Nacional Autónoma de México, Artículo Primero, México 1945.

nuestras necesidades. Sumado a lo anterior añadimos el desbalance socioeconómico, la sobre población, la ignorancia, etc.

“Ante esta problemática el científico mexicano puede jugar un papel importante. Sin embargo, cuando analizamos nuestro sistema científico, nos encontramos ante una realidad: el absurdo²⁶”



²⁶ Figuras y texto obtenidos del libro: CAÑEDO Luis, "Homo Scientificus en Kafkatlán, La Ciencia en México", Fondo de Cultura Económica, México 1976, Página 47.

1.7.4.2 Presupuesto

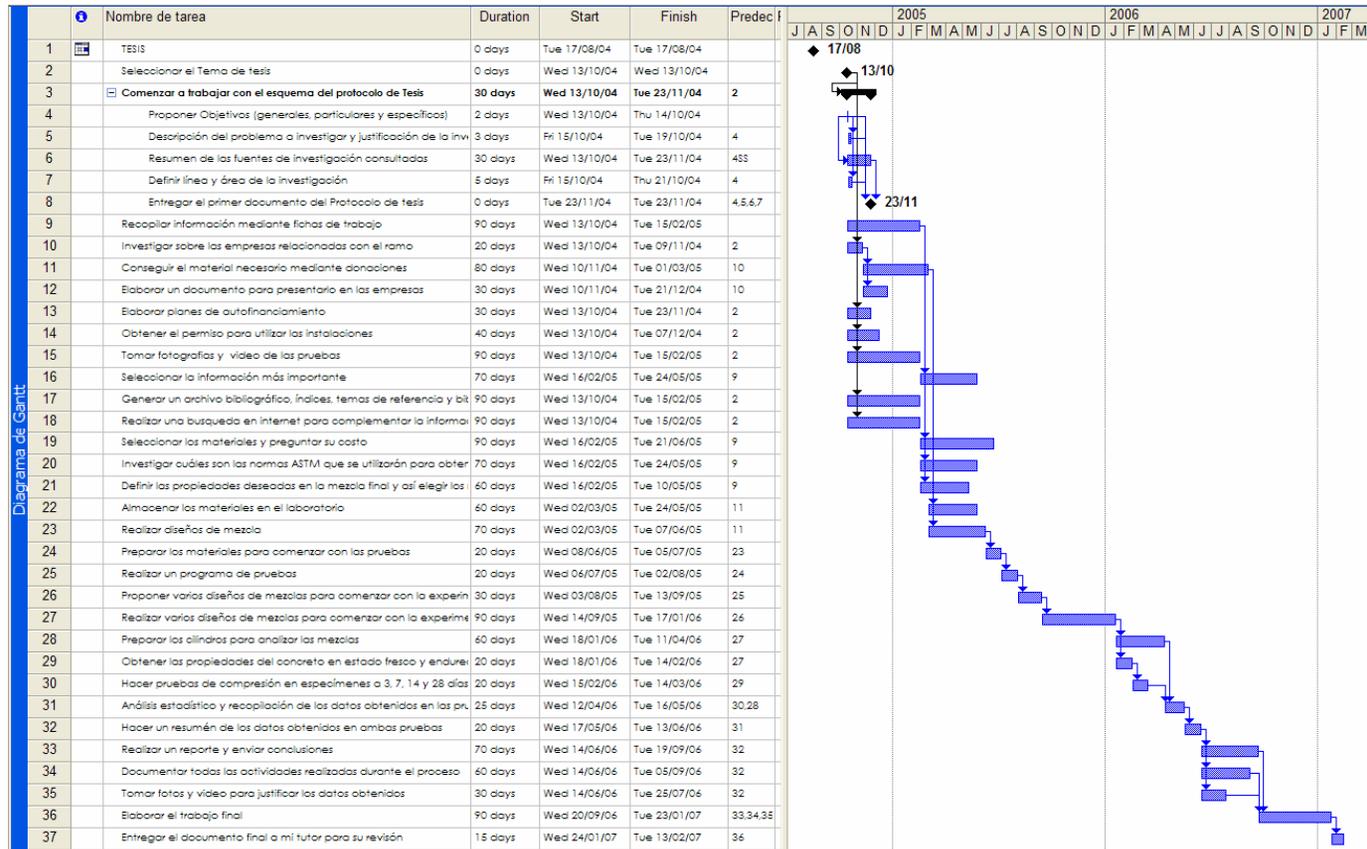
El presupuesto para la realización de este trabajo de investigación es limitado, sin embargo se recurrirá a generosos ex alumnos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM para que nos proporcionen los insumos necesarios para la fabricación de este tipo de concreto. Las pruebas de laboratorio serán realizadas en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UNAM y en el Laboratorio de Tecnología del Concreto de la empresa BASF²⁷ México.

1.7.4.3 Cronograma

El desarrollo de este trabajo de investigación iniciará con las primeras asignaturas de la Maestría en Construcción en el Posgrado de Ingeniería de la UNAM en el semestre 2005-I en Agosto del 2004 y concluirá a más tardar al término del semestre escolar 2007-II en Julio del 2007.

²⁷ Agradecemos al Ing. Fernando García Ayala de *BASF* México la generosa aportación de los aditivos para el concreto utilizado y del laboratorio de Tecnología del Concreto de *BASF* México donde se realizaron la mayor cantidad de pruebas de laboratorio.

El desarrollo de la investigación y de las pruebas de laboratorio se muestra en el siguiente diagrama de *Gantt*.²⁸



²⁸ Henry L. Gantt resolvió el problema de la programación de actividades de manera que se pudiese visualizar la duración de cada actividad, así como sus fechas de iniciación y de terminación.

1.8 Conclusiones y recomendaciones capitulares

En la primera fase de la evaluación de un proyecto de inversión que corresponde a la formulación y análisis del problema, será particularmente indispensable definir la necesidad que proyectamos satisfacer o que tratamos de resolver; estableceremos la magnitud y los alcances del proyecto en estudio, así como los criterios que han permitido detectar la existencia del problema, verificando detalladamente la confiabilidad y pertinencia de la información utilizada. Se buscará durante el desarrollo de este trabajo de investigación, la aplicación de todas las fases de la evaluación de proyectos, para obtener unas bases suficientemente sólidas que nos ayuden a tomar una acertada decisión, principalmente enfocada al mejor aprovechamiento de los recursos que van desde la intención de ejecutar un nuevo proyecto de inversión, pasando por la puesta en operación, mantenimiento y desmantelamiento. Este arduo proceso de búsqueda y hallazgo de una solución inteligente al planteamiento del problema, tendrá como su principal objetivo, resolver todas las necesidades del proyecto, que servirán para sentar las bases mediante la elaboración de estudios (de mercado, técnicos, económicos y financieros) y que serán abordados en los capítulos sucesivos, en estricto orden, caracterizados por la cantidad y la calidad de la información disponible, por la profundidad de los análisis realizados, y por el grado de confianza de los estudios mencionados, buscando siempre demostrar las bondades técnicas, económicas-financieras del proyecto en cuestión y en base a lo anterior, poder justificar los recursos proyectados y la forma de destinarlos; buscando siempre su mejor optimización y aprovechamiento.

Así mismo, considero importante mencionar que día a día las innovaciones tecnológicas nos envuelven en un escenario en donde los ingenieros debemos ser capaces de adaptarnos, por lo que, además de desarrollar habilidades para enfrentar los retos futuros relacionados con nuestro campo de estudio; debemos comprender que la revolución tecnológica que vive el mercado actual está

cambiando radicalmente, y es aquí, donde considero muy importante que se impulsen mayormente los proyectos de investigación que puedan contribuir a un mejor desarrollo tecnológico nacional. Sin olvidar que, en los últimos años, se ha observado claramente que el eje neurálgico de la competitividad de un país está sentado en su capacidad de innovación y en su desarrollo tecnológico; por lo que considero que las Universidades públicas deberán incentivar con mayor fuerza la realización de trabajos de investigación que ayuden a crear ambientes propicios para desarrollar proyectos de alto impacto tecnológico que ayuden a la adecuación de lo que debe ser la nueva realidad mexicana en cuestiones tecnológicas.

Las tareas de investigación y desarrollo tecnológico deberán estar catalogadas como actividades indispensables y deberán ayudar a redondear los esfuerzos educativos que se realizan en las instituciones de educación superior, buscando siempre, que dichos proyectos puedan llegar a incorporarse al sistema productivo nacional para que dichos esfuerzos, puedan reflejarse en una mayor competitividad que podrá ser medida con una reducción de costos y en un aumento mensurable de la efectividad. Pero esto será posible solo, si la brecha tecnológica que existe entre los países desarrollados y nuestro país se cerrara lo más posible, y que la tecnología que es desarrollada en este momento en México se adapte más a las necesidades de los problemas actuales de nuestro país.

1.9 Apéndice capitular

1.9.1 Invenciones²⁹

1.9.1.1 Solicitudes de patente por nacionalidad. Principales Países 1993 - 2003

<i>Año</i>	<i>Total</i>	<i>México</i>	<i>Alemania</i>	<i>Estados Unidos</i>	<i>Francia</i>	<i>Italia</i>	<i>Japón</i>	<i>Reino Unido</i>	<i>España</i>	<i>Suiza</i>	<i>Otros Países</i>
1993	8,212	553	633	4,948	280	125	225	348	51	289	760
1994	9,944	498	742	6,191	360	156	262	389	71	304	971
1995	5,393	432	513	3,139	267	89	210	69	55	216	403
1996	6,751	386	581	3,835	327	108	307	157	62	261	727
1997	10,531	420	856	6,023	497	179	334	396	85	383	1,358
1998	10,893	453	992	6,088	521	151	402	435	70	347	1,434
1999	12,110	455	1,155	6,869	624	159	397	412	93	327	1,619
2000	13,061	431	1,252	7,250	700	171	466	453	102	415	1,821
2001	13,566	534	1,438	7,336	727	168	522	417	112	408	1,904
2002	13,062	526	1,289	6,676	776	217	399	394	121	515	2,149
2003	12,207	468	1,192	6,436	731	168	475	339	118	598	1,682

Nota: Desde 1995 se incluyen solicitudes PCT.

²⁹ Datos estadísticos obtenidos de la página *web* del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial <http://www.impi.gob.mx>

1.9.1.2 Solicitudes de patente por país de origen. Principales Países 1997 - 2003

País	Solicitudes							Solicitudes PCT							Total de Solicitudes						
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Alemania	361	326	308	271	249	160	134	495	666	847	981	1,189	1,129	1,058	856	992	1,155	1,252	1,438	1,289	1,192
España	39	43	42	35	35	32	21	46	27	51	67	77	89	97	85	70	93	102	112	121	118
Estados Unidos	2,048	1,922	1,843	1,797	1,467	1,230	1,195	3,975	4,166	5,026	5,453	5,869	5,446	5,241	6,023	6,088	6,869	7,250	7,336	6,676	6,436
Francia	232	181	182	208	166	187	145	265	340	442	492	561	589	586	497	521	624	700	727	776	731
Italia	101	55	62	58	36	55	38	78	96	97	113	132	162	130	179	151	159	171	168	217	168
Japón	176	204	175	192	144	84	137	158	198	222	274	378	315	338	334	402	397	466	522	399	475
México	418	451	447	418	522	510	452	2	2	8	13	12	16	16	420	453	455	431	534	526	468
Reino Unido	40	35	35	24	19	17	8	356	400	377	429	398	377	331	396	435	412	453	417	394	339
Suiza	161	171	133	149	74	60	64	222	176	194	266	334	455	534	383	347	327	415	408	515	598
Otros Países Countries	386	317	276	247	262	328	237	972	1,117	1,343	1,574	1,642	1,821	1,445	1,358	1,434	1,619	1,821	1,904	2,149	1,682
Total	3,962	3,705	3,503	3,399	2,974	2,663	2,431	6,569	7,188	8,607	9,662	10,592	10,399	9,776	10,531	10,893	12,110	13,061	13,566	13,062	12,207
%	38%	34%	29%	26%	22%	20%	20%	62%	66%	71%	74%	78%	80%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

1.9.1.3 Patentes otorgadas por nacionalidad del titular. Principales Países 1993 - 2003

<i>Año</i>	<i>Total</i>	<i>México</i>	<i>Alemania</i>	<i>Estados Unidos</i>	<i>Francia</i>	<i>Italia</i>	<i>Japón</i>	<i>Reino Unido</i>	<i>Suiza</i>	<i>Otros Países</i>
1993	6,183	343	458	3,714	251	138	220	206	256	597
1994	4,367	288	395	2,367	210	99	175	175	228	430
1995	3,538	148	205	2,198	162	83	123	136	109	374
1996	3,186	116	214	2,084	108	51	101	70	101	341
1997	3,944	112	227	2,873	120	44	98	90	112	268
1998	3,219	141	215	2,060	117	56	102	114	101	313
1999	3,899	120	351	2,324	209	59	134	124	152	426
2000	5,519	118	525	3,158	333	118	243	167	228	629
2001	5,479	118	480	3,237	298	73	218	167	181	707
2002	6,611	139	736	3,706	335	100	256	197	246	896
2003	6,008	121	610	3,368	337	98	197	156	241	880

1.9.1.4 Patentes otorgadas a titulares mexicanos por área tecnológica 1993 - 2003

Año	Total	Artículos de Uso y Consumo	Técnicas Industriales Diversas	Química y Metalurgia	Textil y Papel	Construcciones Fijas	Mecánica - Iluminación - Calefacción - Armamento Voladuras	Física	Electricidad
1993	343	57	79	108	3	29	36	13	18
1994	288	43	57	67	2	50	20	30	19
1995	148	37	23	31	2	27	17	7	4
1996	116	18	25	29	2	21	8	11	2
1997	112	26	25	18	1	8	21	9	4
1998	141	21	44	19	2	25	16	6	8
1999	120	38	32	12	1	17	16	4	0
2000	118	23	31	31	1	15	7	4	6
2001	118	16	23	26	3	20	12	5	13
2002	139	32	35	30	1	5	19	13	4
2003	121	34	27	25	0	10	12	6	7

1.9.1.5 Registros de modelo de utilidad de mexicanos por área tecnológica 1993 - 2003

<i>Año</i>	<i>Total</i>	<i>Artículos de Uso y Consumo</i>	<i>Técnicas Industriales Diversas</i>	<i>Química y Metalurgia</i>	<i>Textil y Papel</i>	<i>Construcciones Fijas</i>	<i>Mecánica - Iluminación Calefacción - Armamento Voladuras</i>	<i>Física</i>	<i>Electricidad</i>
1993	74	24	9	1	1	23	9	5	2
1994	95	37	36	2	0	9	6	2	3
1995	160	46	54	2	0	28	13	11	6
1996	16	7	3	1	0	2	1	2	0
1997	54	21	13	1	0	6	2	10	1
1998	68	35	17	0	0	8	5	2	1
1999	62	16	23	0	0	10	6	7	0
2000	83	38	23	0	1	4	7	9	1
2001	90	30	31	2	0	7	7	7	6
2002	71	29	16	0	0	5	9	8	4
2003	78	38	16	1	1	8	8	5	1

1.9.2 Signos Distintivos

1.9.2.1 Solicitudes de Marca por Nacionalidad. Principales países 1993 - 2003

<i>Año</i>	<i>Total</i>	<i>México</i>	<i>Alemania</i>	<i>Brasil</i>	<i>España</i>	<i>Estados Unidos</i>	<i>Francia</i>	<i>Italia</i>	<i>Japón</i>	<i>Reino Unido</i>	<i>Suiza</i>	<i>Otros Países</i>
1993	28,920	16,132	520	104	386	8,093	529	326	360	344	423	1,703
1994	33,803	19,184	651	131	502	8,992	667	353	403	485	498	1,937
1995	30,201	16,152	1,274	161	328	7,505	732	537	445	537	579	1,951
1996	32,336	19,562	956	108	383	7,013	930	273	327	377	520	1,887
1997	35,426	21,497	999	91	491	7,484	887	336	383	574	525	2,159
1998	40,042	24,669	1,206	159	518	8,065	1,067	318	362	702	671	2,305
1999	46,156	29,367	1,461	128	642	8,861	877	372	385	769	789	2,505
2000	59,721	36,698	1,877	301	1,031	11,414	1,234	352	537	1,053	1,248	3,976
2001	61,488	40,236	1,986	313	1,107	9,608	1,219	527	910	809	1,241	3,532
2002	56,237	37,764	1,604	315	876	8,491	997	396	637	653	1,035	3,469
2003	53,724	34,763	1,552	188	772	9,215	916	478	739	568	1,000	3,533

1.9.2.2 Marcas Registradas por Nacionalidad del titular. Principales países 1993 - 2003

Año	Total	México	Alemania	Brasil	España	Estados Unidos	Francia	Italia	Japón	Reino Unido	Suiza	Otros Países
1993	20,893	11,557	398	81	314	5,611	502	277	339	386	282	1,146
1994	33,988	17,985	769	138	505	9,819	775	397	436	554	540	2,070
1995	29,954	15,229	1,090	151	361	8,262	740	476	474	537	571	2,063
1996	25,983	14,562	876	107	333	6,237	782	293	339	347	504	1,603
1997	27,821	16,761	820	74	318	5,925	862	294	282	432	451	1,602
1998	28,362	16,775	828	108	439	6,278	726	282	276	490	463	1,697
1999	40,321	23,242	1,305	144	581	9,087	980	378	465	758	793	2,588
2000	45,483	26,568	1,679	169	789	9,489	1,072	343	432	851	1,056	3,035
2001	47,136	28,404	1,630	284	945	8,837	1,095	395	627	728	1,008	3,183
2002	44,555	26,796	1,669	274	779	7,920	930	369	632	712	1,060	3,414
2003	42,747	26,412	1,407	163	723	7,609	901	426	732	494	918	2,962

Bibliografía capitular

- a) Tesis relacionadas con el tema
- CÁMARA STOUGAARD Meter Rafael, “Aspectos de diseño y análisis estructural de una canoa de materiales compuestos”, Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería UNAM, 2004.
 - CHÁVEZ GASCA Milton, “La Programación y Presupuestación del Proyecto Canoas de Concreto 2003”, Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería UNAM, 2003.
 - MARTINEZ ORTIZ Aarón, MARTINEZ RUIZ Guillermo, SOLIS PEREZ Carlos, “Construcción de la Segunda Canoa de Concreto del Equipo Representativo

de la UNAM", Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, UNAM, México 2004.

b) Libros de consulta

- ALCARAZ LOZANO Federico, "La Creatividad en la Ingeniería", Sistemas Técnicos de edición, Primera Edición, CONACYT, México 1991.
- BACA URBINA Gabriel, "Evaluación de Proyectos", *Mc Graw Hill*, Cuarta Edición, México, 2001.
- CAÑEDO Luis, "Homo Scientificus en Kafkatlán, La Ciencia en México", Fondo de Cultura Económica, México 1976.
- FERNANDEZ ZAYAS José Luis, "Los retos de la Vinculación en el Siglo XXI", Ediciones Abedul, Primera Edición, México 2003.
- GÓMEZ SENET Eliseo, "El proyecto Diseño en Ingeniería", Editorial Alfaomega, Primera Edición, México 2001.
- GONZALEZ Gloria, CHAVERO Adrián, VERGARA Delia, "México Ciencia y Tecnología", Instituto de Investigaciones económicas, Instituto Politécnico Nacional, México 1992.
- KRICK Edward, "Introducción a la Ingeniería y al proyecto en la Ingeniería", Editorial Limusa-*Wiley*, México 1967, Primera Edición.
- Ley Orgánica de la Universidad Nacional Autónoma de México, México 1945.
- LÓPEZ CANO José Luis, "Método e Hipótesis Científicos", Editorial Trillas, Segunda Reimpresión, México 1992.
- MAYER Leticia, VARELA Roberto, "Los Grandes Problemas de la Ciencia y la Tecnología. Condiciones y Retos para la Investigación Científica y Tecnológica", UNAM, UAM, Primera Edición, México 1994.
- MERCADO GARCÍA Alfonso, "Estructura y dinamismo del mercado de tecnología industrial en México", El colegio de México, Primera Edición 1980

- NACIONAL FINANCIERA, "Guía para la formulación y evaluación de proyectos de inversión", México D.F.
 - RIVERA MÁRQUEZ Melesio, "La Comprobación Científica", Editorial Trillas, Primera Reimpresión, México 1991.
 - URIEL JIMÉNEZ Ezequiel, "Análisis de Datos - Series temporales y análisis multivariante", Editorial AC, Madrid 1995.
- c) Revistas Especializadas
- CMIC, "Construir para el futuro", CMIC Delegación Distrito Federal, Año 3 No. 8, Publicación Mensual, Septiembre 2001.
 - Ingeniería Civil, "Órgano Oficial del Colegio de Ingenieros Civiles de México A.C.", número 436, año LIV, Agosto de 2005.
- d) Conferencias
- NEWELL Roberto, "Foro de Políticas Públicas para el Desarrollo de México", Competitividad, México 2006.
- e) Páginas *web*
- <http://www.method123.com>
 - <http://www.impi.gob.mx>

CAPÍTULO 2

INVESTIGACIÓN DE MERCADO

Índice Capitular:

- 2.1. Fundamentos
- 2.2. Importancia de la Investigación de Mercado
- 2.3. Etapas para un Análisis de Mercado
 - 2.3.1. Panorama del mercado
 - 2.3.2. Segmentación del mercado
 - 2.3.3. Tipologías del consumidor
 - 2.3.4. Matiz producto - mercado
 - 2.3.5. Mercado Meta
 - 2.3.6. Nichos de Mercado
- 2.4. Incertidumbre de Mercado de una innovación
- 2.5. La Investigación de Mercado en la Administración
- 2.6. Componentes de la Investigación de Mercado
- 2.7. Objetivos de la Investigación de Mercado
 - 2.7.1. Estrategia Competitiva
 - 2.7.2. Modelo de las cinco fuerzas competitivas de Porter
- 2.8. Formulación de la Investigación de Mercado
 - 2.8.1. Identificación del bien o servicio
 - 2.8.2. La demanda

- 2.8.2.1. Características teóricas de la demanda
 - 2.8.2.1.1 La función de Demanda
 - 2.8.2.1.2 La función de Ingreso
 - 2.8.2.1.3 La elasticidad
 - 2.8.2.1.4 Elasticidad cruzada
- 2.8.2.2 Estimación de la demanda futura
 - 2.8.2.2.1. Extrapolación de la tendencia histórica
 - 2.8.2.2.2. Los coeficientes técnicos
 - 2.8.2.2.3. Métodos econométricos
- 2.8.3. La oferta
- 2.8.4. El precio
 - 2.8.4.1 Mecanismo de Formación de Precio
- 2.8.5. La comercialización
- 2.9 Marcas y Logotipos
 - 2.9.1 Historia de las marcas y logotipos.
 - 2.9.2 Tendencias para situar la marca
- 2.10 Identificación de las necesidades del Mercado del concreto ligero
 - 2.10.1 Definición del tipo de producto a desarrollar
 - 2.10.1.1 Caracterización de usos del concreto ligero
 - 2.10.1.2 Normas de calidad
 - 2.10.2 Análisis de la demanda
 - 2.10.2.1 Perfil del consumidor
 - 2.10.2.2 Demanda Potencial
 - 2.10.2.3 Resultados de la investigación directa
 - 2.10.2.4 Proyección de la demanda
 - 2.10.3 Análisis de la Oferta
 - 2.10.3.1 Características de los principales oferentes
 - 2.10.3.2 Volumen de producción
 - 2.10.3.3 Proyecciones de la oferta
 - 2.10.3.4 Mercado para el proyecto
 - 2.10.4 Análisis de precios y comercialización

2.10.4.1 Análisis de Precios

2.10.4.2 Comercialización

2.11. Conclusiones Capitulares

2.12. Apéndices Estadísticos

2.12.1 Créditos y Subsidios Hipotecarios por tipo de programa

2.12.2 Créditos y Subsidios Hipotecarios por organismo según programa

2.12.3 Créditos y Subsidios Hipotecarios por Entidad Federativa según programa

2.12.4 Créditos e inversión ejercidos por organismo

2.12.5 Créditos e inversión ejercidos por programa y subprograma

Introducción Capitular

- a) **Objetivo capitular:** Realizar una adecuada investigación de mercado que permita lanzar al mercado mexicano un concreto ligero con características deseables que lo hagan atractivo y competitivo en el sector de la construcción.
- b) **Descripción:** Buscar desde el punto de partida del mercado y su entorno, satisfacer las necesidades de un sector particular de la industria de la construcción. La investigación de mercado se desarrollará en dos fases: primeramente se efectuará una investigación de mercado, y a continuación, con los datos obtenidos, se establecerá la configuración de mercado.
- c) **Técnicas y fuentes de información consultadas:**
Se consultó literatura especializada en investigación de mercado, se realizó una encuesta con los profesionales de la tecnología del concreto, se complementó esta información con tesis relacionadas con el tema y artículos publicados en revistas especializadas.
- d) **Limitaciones:**
En las investigaciones de mercado hay que invertir una gran cantidad de recursos humanos y económicos, los datos deben ser manejados con mucho cuidado para evitar obtener muestras que estimen valores alejados de la realidad.

Desarrollo Capítular

2.1 Fundamentos:

Uno de los factores que deben atenderse con especial cuidado en el estudio de los proyectos de inversión, es la determinación de su mercado. La investigación de mercado³⁰ tiene como objetivo principal, cuantificar el número de personas, empresas u otras entidades económicas que, dadas ciertas condiciones, presentan una demanda que justifica el inicio de un programa de producción de productos o de servicios, en un período determinado para que a través de este, podamos prever las condiciones a las que se enfrentarán y los resultados que podremos esperar.



Figura 5 Determinantes y políticas del Mercado

La investigación de mercado servirá como base para tomar la decisión de continuar o detener la idea inicial de inversión, proporciona información indispensable para las investigaciones posteriores, como son: los análisis para determinar su tamaño, zona geográfica, integración económica, etc.

La estimación de la demanda aportará un primer elemento para el estudio técnico, en lo relativo a la capacidad de producción (tamaño), que debe armonizar con otros aspectos, tales como:

- La Capacidad Financiera
- La Capacidad Técnica
- La Capacidad Administrativa
- Disponibilidad de Insumos

³⁰ En proyectos sociales, la investigación de mercado se orienta hacia la estimación de las necesidades colectivas, tengan o no capacidad de pago.

Un análisis de mercado en función de los precios y de los ingresos de la población consumidora, permitirá calcular los coeficientes de elasticidad que se utilizarán en la proyección de la demanda y serán de gran utilidad para la estimación de los ingresos del proyecto.

En el estudio de mercado se pueden distinguir tres grandes aspectos

- Lo relacionado con la investigación del producto o servicio.
- Lo relacionado con el consumidor.
- Lo relacionado con las ventas y los patrones de aceptación.

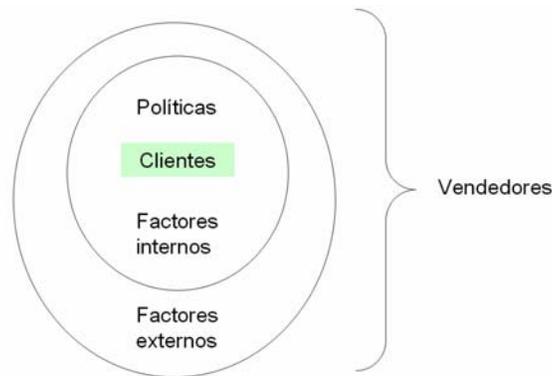


Figura 6 Factores del Mercado³¹

2.2 Importancia de la Investigación de Mercado

La economía nos indica que el término mercado es:

“El área en que confluyen las fuerzas de la oferta y demanda para realizar las transacciones de bienes y servicios a precios determinados”³².

“El lugar comercial donde inciden las acciones que se realizan a través de los elementos de distribución”³³

Para garantizar el éxito de un producto se debe tener un acertado conocimiento del mercado, que está constituido por un conjunto de compradores reales y potenciales, por lo que con frecuencia se califica al mercado como la principal fuente de oportunidades.

³¹ Los factores internos se consideran controlables y los factores externos incontrolables.

³² BACA URBINA Gabriel, “Evaluación de Proyectos”, *Mc Graw Hill*, Cuarta Edición, página 14, México 2001.

³³ CARRIÓ FIORE Jaime, “Marketing Estratégico”, *Marcombo Boixareu* Editores, España 1992.



La investigación de mercado de un producto es la clasificación sistemática de los datos históricos y actuales de oferta y demanda de un producto para un sector en específico que permitirá estimar el comportamiento futuro y servirá como una gran estrategia competitiva para definir las acciones que se deberán emprender para obtener mejores resultados en el negocio. Se analizará, clasificará, interpretará y organizarán los datos, tanto cuantitativos como cualitativos o descriptivos, que se obtendrán de fuentes directas e indirectas y serán utilizados por la gerencia de proyectos con el objetivo de incrementar las utilidades de un negocio.



La investigación de mercado es un medio ordenado para consultar:



La investigación de mercado ayudará a definir ¿Qué se puede realizar para incrementar las utilidades?, o en su defecto: ¿Cómo favorecer la maximización del empleo de recursos naturales y humanos para propiciar una mejor organización económica de carácter social?

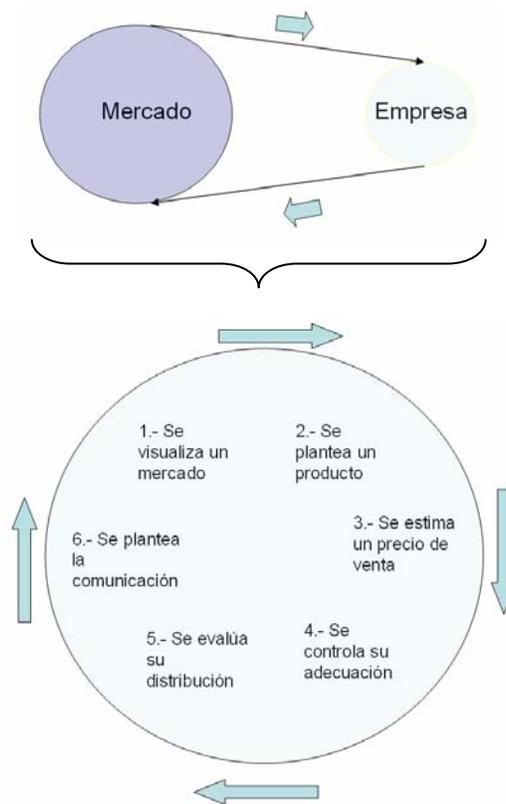
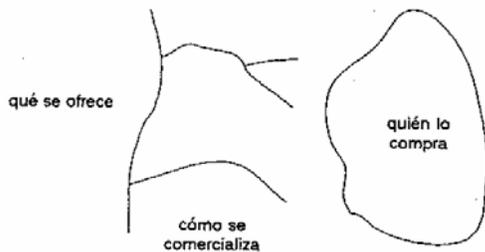


Figura 7 Planteamiento desde el mercado

2.3 Etapas para un Análisis de Mercado³⁴

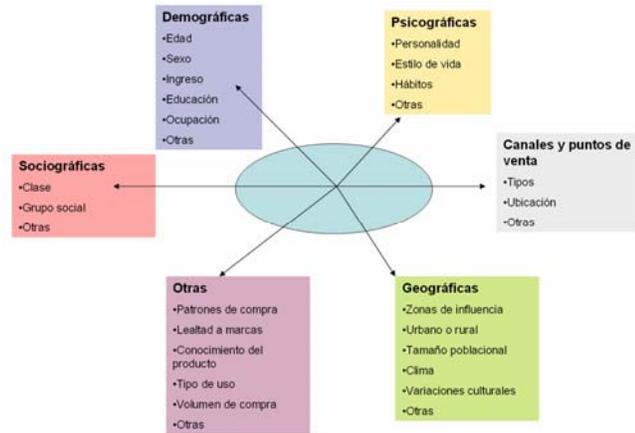
En todo análisis de mercado se deben considerar las siguientes etapas:



2.3.1 Panorama del mercado: Ofrecer una visión amplia de los productos manejados, los compradores y los medios de comercialización.

³⁴ Imágenes y datos obtenidos del libro: FUENTES ZENON Arturo, "Las Armas del Estratega", La Planeación en imágenes, Segunda Impresión, México 2002, página 84.

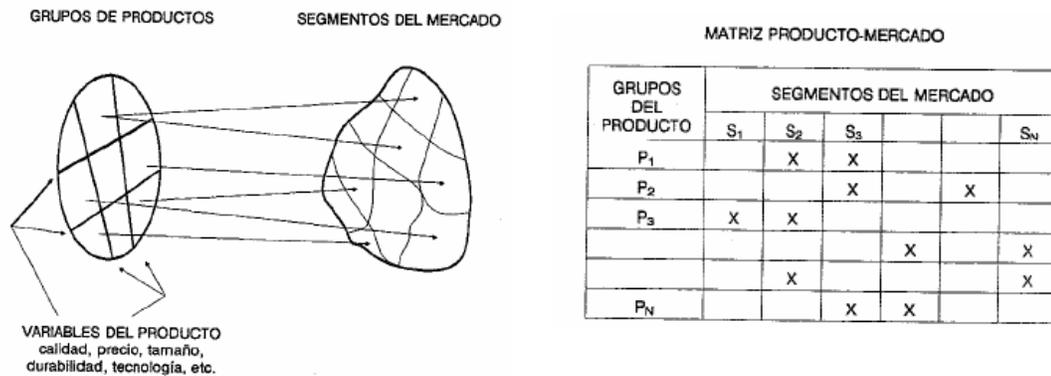
2.3.2 Segmentación del mercado: Identificar debido a lo complejo del mercado los submercados o segmentos de que se compone.



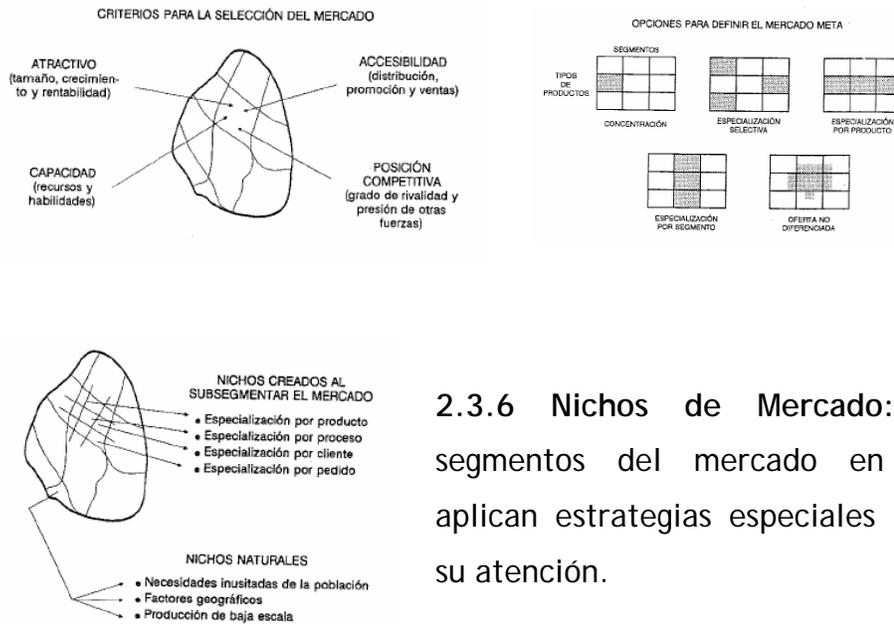
Tipo de Comprador	Comportamiento
•Baratero:	Busca el precio más bajo.
•De precio:	Busca la mejor relación beneficio-precio.
•Oportunista:	Buscadores de ofertas.
•De Hábito:	Difícil que cambie de marca o producto.
•Impulsivo:	Hace compras sin previo análisis.
•Vanguardista:	Adquiere nuevos productos que suponen ventajas sobre los tradicionales.
•Excelso:	No importa el precio sino el status.
•Emocional:	Atraídos por símbolos e imágenes.
•Funcional:	Valoran la utilidad y otras ventajas.

2.3.3 Tipologías del consumidor: Representar una opción para la división del mercado.

2.3.4 Matiz producto - mercado: Establecer una relación entre las variaciones del producto y los segmentos del mercado al que están enfocados.



2.3.5 Mercado Meta: Segmento del mercado en donde se debe concentrar la mayor atención posible.



2.3.6 Nichos de Mercado: Pequeños segmentos del mercado en donde se aplican estrategias especiales para captar su atención.

2.4 Incertidumbre de mercado de una Innovación: Está relacionada con la evaluación de los factores de mercado como: la volatilidad de la participación, la sensibilidad al precio, la intensidad competitiva y la temporalidad del producto. Por la complejidad de los factores de mercado puede creerse que la estimación de futuros mercados resulta más complicada que la estimación de los costos de desarrollo. Las innovaciones tecnológicas pueden forzar cambios en la conducta del consumidor, y pueden darse según la forma en que los consumidores reciben información de un nuevo producto y en la manera en que lo adquieren y disponen de el.

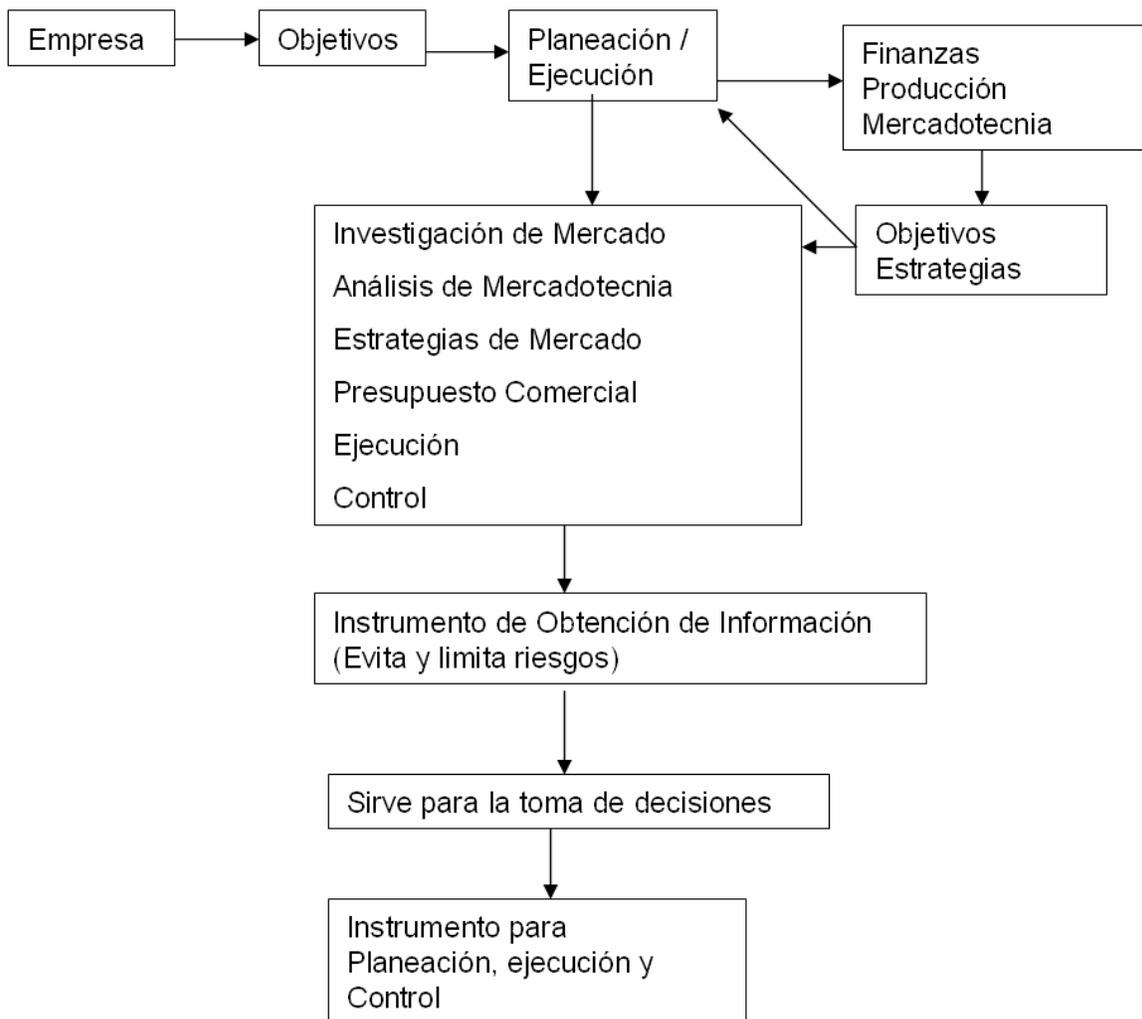
La resistencia en la conducta está en función de dos factores: Riesgo percibido y hábitos.

- El riesgo percibido es el riesgo que el consumidor percibe por adoptar una innovación. Se clasifica en cuatro tipos:
 1. Riesgo funcional: Miedo al funcionamiento desconocido del producto.
 2. Riesgo Económico: Miedo a tirar el dinero por la adquisición del producto.
 3. Riesgo Social: Miedo al ridículo frente a la sociedad.
 4. Riesgo Psicológico: Miedo a la incomodidad psicológica.

“Entre más grande se perciba el riesgo, mayor resistencia a la innovación³⁵”

- Los Hábitos, se asocian con el rechazo del consumidor al cambio de sus prácticas y rutinas a las que está acostumbrado. Consta de dos elementos:
 1. Necesidad de esfuerzo conciente para adaptarse a la innovación y procesar nueva información.
 2. Conflicto con las creencias, valores y normas del consumidor.

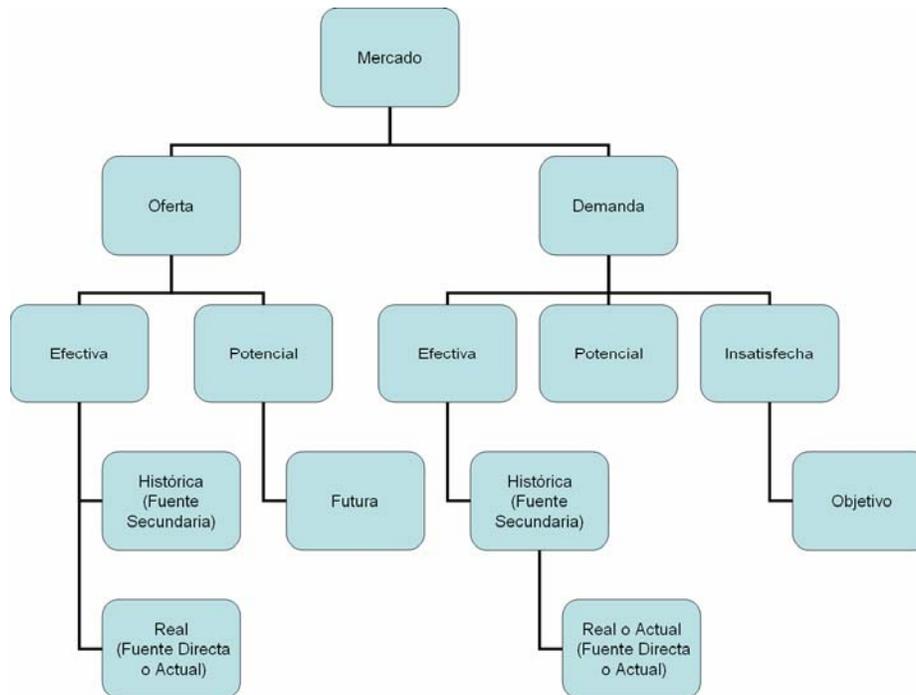
2.5 La Investigación de Mercado en la Administración³⁶



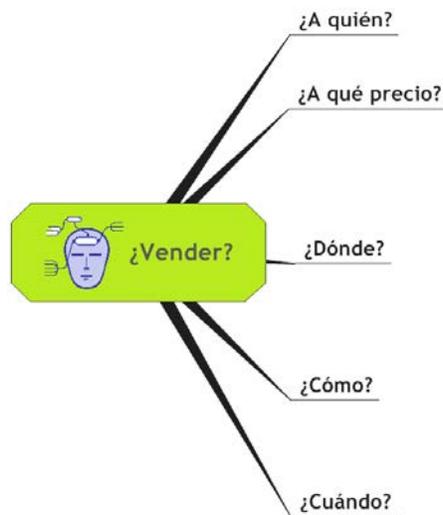
³⁵GUTIERREZ REED Arturo, “Innovación Industrial y rutas para innovar en la empresa”, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, UNAM, México 1997, Página 61.

³⁶ Figura Obtenida de los apuntes “Proyectos de Inversión” del Ingeniero Andrés E. Miguel.

2.6 Componentes de la Investigación de Mercado



2.7 Objetivos de la Investigación de Mercado



Para determinar la cantidad de bienes y servicios factibles de ofrecer por una nueva unidad productora, que en cierta área geográfica y bajo determinadas condiciones, el mercado estaría dispuesto a adquirir para satisfacer sus necesidades:



Cuando en el proyecto a analizar se ha previsto un ingreso monetario, el precio representa un papel altamente preponderante, ya que el usuario solo podrá disponer del bien o servicio a cambio de dinero. La factibilidad de este tipo de proyectos se obtiene al realizar una comparación entre los ingresos y los costos, que garanticen una utilidad o ganancia que remunere los esfuerzos y riesgos asumidos por los inversionistas. Para los proyectos que no generan ingresos, el precio no tiene importancia estratégica ya que su factibilidad está más determinada por una necesidad manifiesta de una comunidad, que de su capacidad de pago (beneficio social que aporte al desarrollo de una comunidad).

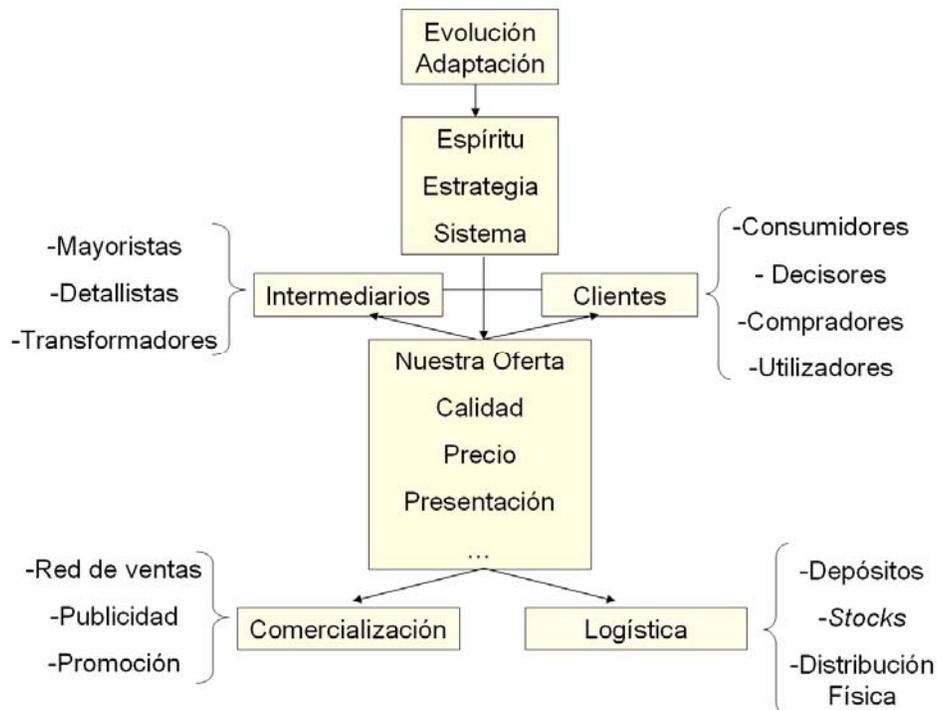


Figura 8 Representación de los Objetivos Interrelacionados

2.7.1 Estrategia Competitiva

La estrategia competitiva nos conduce a proyectar que productos se deben manejar y que características deben reunir para aspirar al éxito deseado. El producto es el enlace entre oferta y demanda, por lo que el éxito del producto está condicionado por la capacidad para superar a la competencia y por la bondad del producto desde la perspectiva del cliente.



La concepción de la estrategia competitiva recae en el análisis de tres piezas fundamentales:

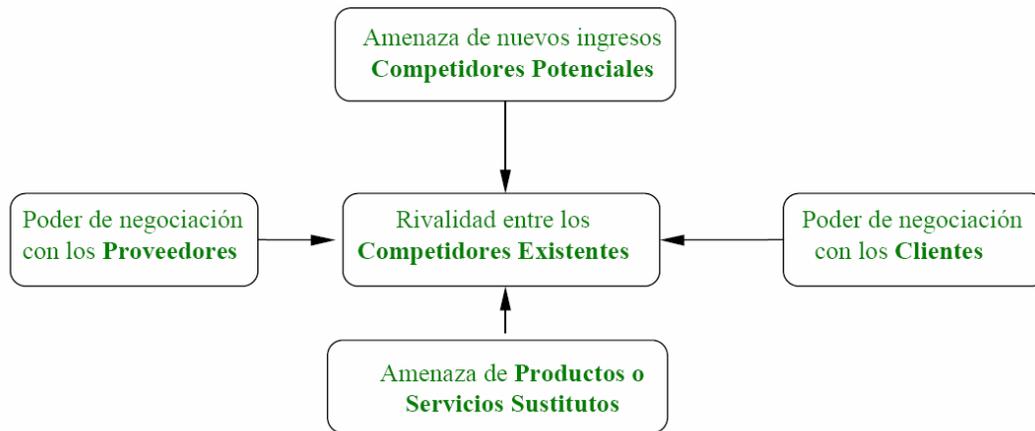
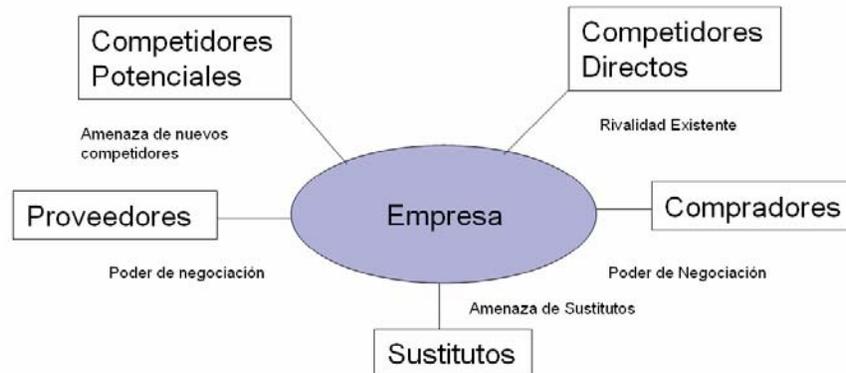
1. Sector industrial: Perfil de los rivales y capacidad competitiva.
2. Características del Producto: Precio, calidad, servicio.
3. Mercado: Necesidades y preferencias del consumidor.



El sector industrial está conformado por el conjunto de empresas que ofrecen productos que funcionan como sustitutos cercanos entre si, los límites de este sector se hilvanan desde el punto de vista del cliente que elige comprar un bien o servicio o no.

2.7.2 Modelo de las 5 fuerzas competitivas de Porter³⁷

Las cinco fuerzas competitivas de Porter tienen un impacto en la conducta, en los costos y en los precios de las empresas que intervienen en el sector, siendo de gran interés identificar qué influencia tiene cada una de ellas y bajo qué circunstancias se puede esperar una mayor o menor presión.



La Fuerza total de las 5 fuerzas, determinará si una industria es rentable a largo plazo. Cada fuerza competitiva está formada por una serie de determinantes estructurales.



³⁷ La acción conjunta de estas cinco fuerzas establecen el grado de rivalidad y la utilidad máxima de las empresas.

El ámbito competitivo es el campo o alcance dentro de cada sector o industria. La amplitud del objetivo puede ser:

AMBITO COMPETITIVO	AMPLIO	amplia gama de productos con una amplia gama de Cliente en una amplia gama de mercados.
	ESTRICTO	no lograré una VENTAJA COMPETITIVA con una amplia gama de consumidores o productos. Elijo un campo estrecho concentrándome en un producto, Cliente y mercado en particular.

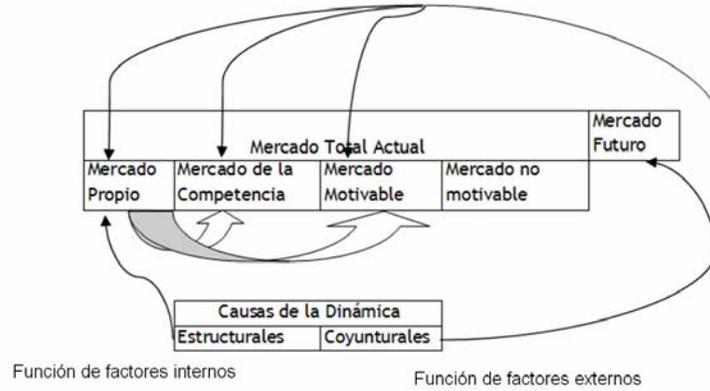
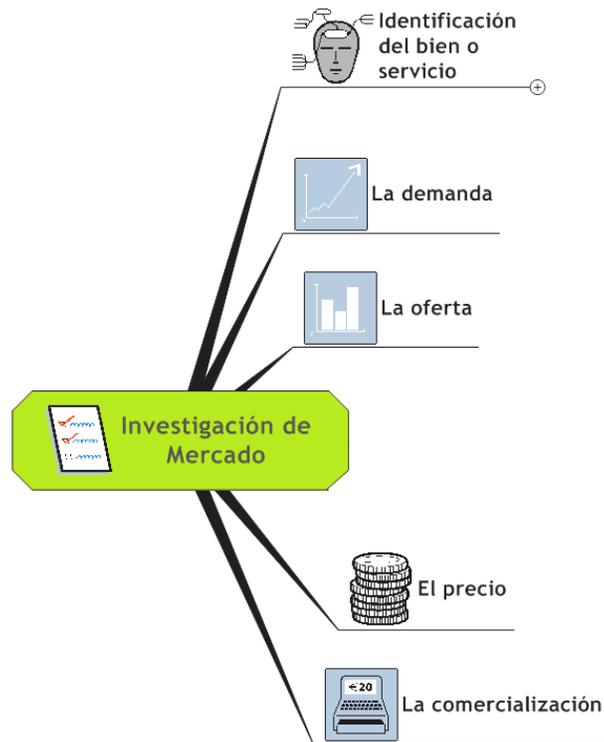
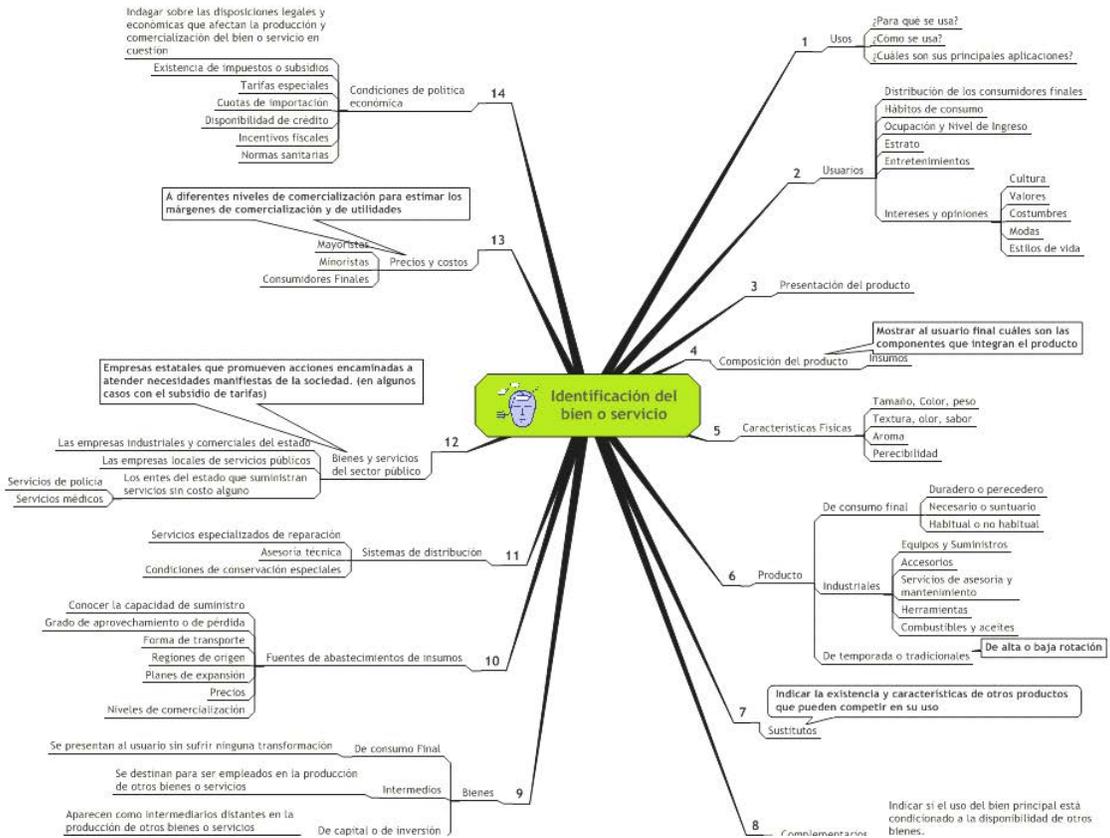


Figura 9 Equilibrio Dinámico

2.8 Formulación de la Investigación de Mercado



2.8.1 Identificación del bien o servicio



2.8.2 La demanda

Cuando se invierte en un proyecto se supone la estimación de cantidades que pueden ser vendidas a ciertos niveles de precios, junto con una serie de factores que condicionan y determinan los gustos y preferencias de los consumidores, así como su poder adquisitivo y su capacidad de compra.

“La demanda se refiere a las cantidades de un producto que los consumidores están dispuestos a comprar a los posibles precios del mercado.”³⁸

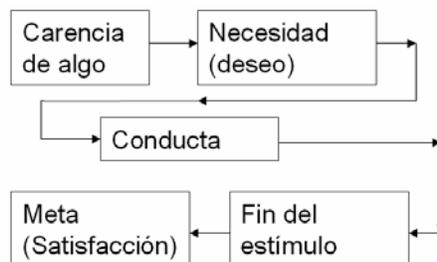
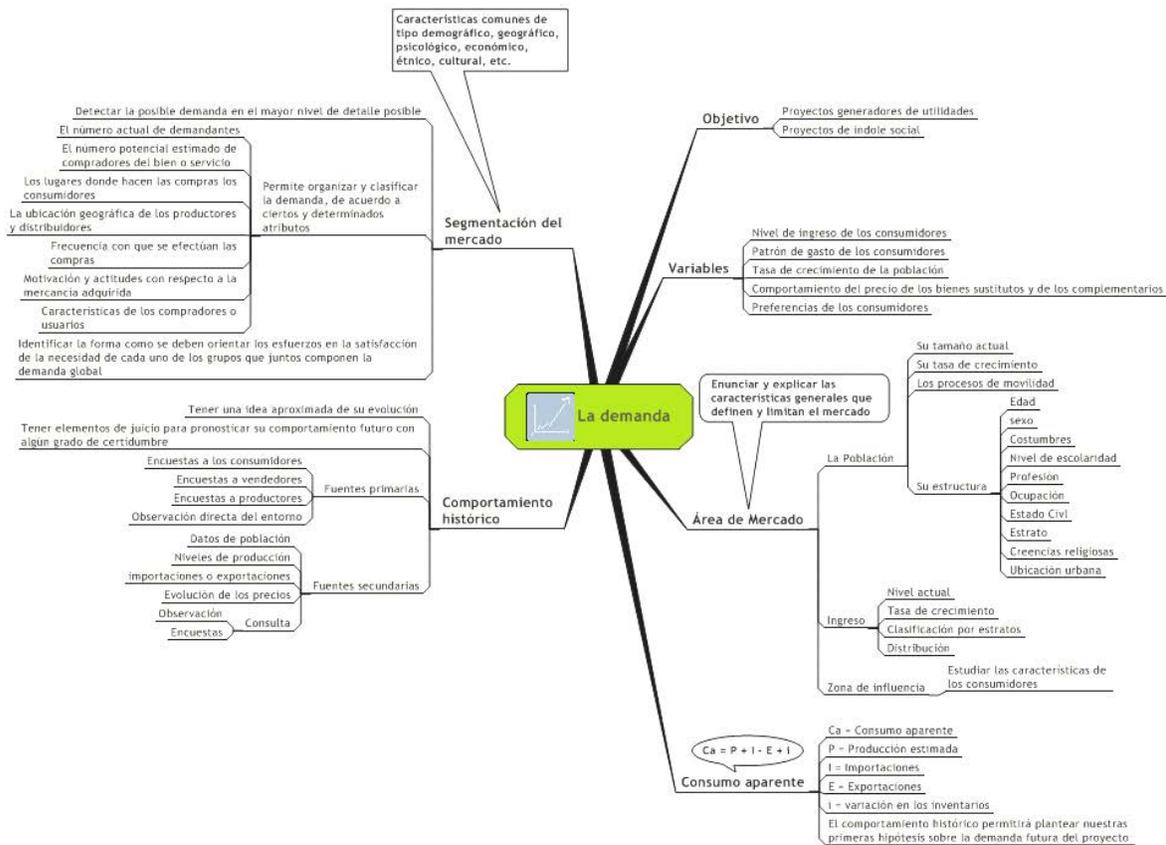


Figura 10 Modelo de Conducta de Leawitt

³⁸ FISCHER Laura, “Mercadotecnia”, Editorial Interamericana, México 1988, página 202.



2.8.2.1 Características teóricas de la demanda

La teoría económica ofrece un catálogo analítico que permite aproximarnos con mayor precisión al comportamiento de la función de la demanda y de las variables que están involucradas. Los siguientes conceptos complementan el estudio de la demanda del producto o servicio y habilitan al analista para soportar coherentemente las hipótesis planteadas en torno al comportamiento actual y futuro del mercado.

2.8.2.1.1 La función de Demanda

La función demanda es una función de causalidad que liga al precio de un bien con su cantidad demandada y con otras variables que afectan su comportamiento por ejemplo:

- El nivel de Ingresos
- Los hábitos de consumo de los usuarios potenciales

- El precio de otros bienes sustitutos

Matemáticamente la expresamos de la siguiente manera:

$$P = f(q_1, q_2, \dots, I)$$

- P = Precio del bien o servicio
- q_1 = Cantidad demandada del bien o servicio
- q_2 = Cantidad demandada de bienes sustitutos
- I = Nivel de ingresos

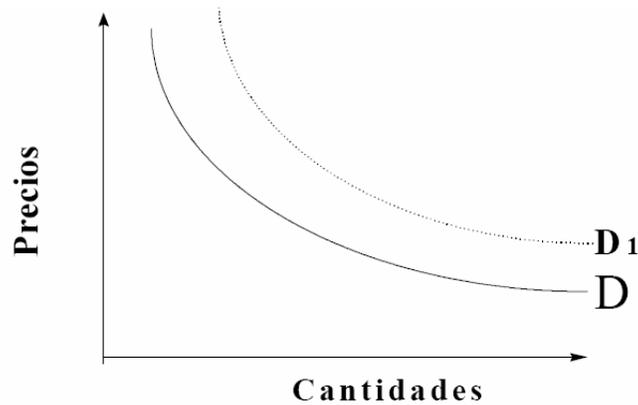
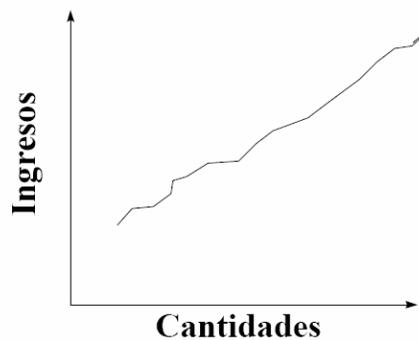


Figura 10 ³⁹

2.8.2.1.2 La función de Ingreso

Cuando un sector posee mayores ingresos se incrementa la demanda de bien o servicios, para relacionar las cantidades demandadas con los niveles de ingreso utilizamos la función de Ingreso y se representa con la siguiente gráfica:



³⁹ Grafica para facilitar el análisis de comportamiento

2.8.2.1.3 La elasticidad

La elasticidad se define como la relación de cambio entre cantidades demandadas ante cambios en el precio o los ingresos.

- **La elasticidad precio:** Se refiere a los cambios generados en las cantidades demandadas producidos por alteraciones de precios.
- **La elasticidad ingreso:** Se refiere a los cambios en las cantidades demandadas como consecuencia de variaciones en los ingresos.

$$E = \frac{\text{cambios en la cantidad demandada}}{\text{cambios en precios o cambios en ingresos}}$$

2.8.2.1.4 Elasticidad cruzada

Se refiere a la relación que existe entre un cambio porcentual entre la cantidad demandada de un bien, frente al cambio porcentual en el precio de otro; asumiendo que los ingresos y otras variables permanecerán constantes.

2.8.2.2 Estimación de la demanda futura

La confiabilidad y pertinencia de la información capturada permitirá el análisis y estudio de la evolución histórica de la demanda y será garantía de los resultados que se obtengan de su proyección, por lo que la recolección de toda la información relevante será vital para garantizar el éxito del proyecto. En muchos casos lo complejo del estudio exige utilizar herramientas que permitan obtener datos con mayor precisión.

2.8.2.2.1 Extrapolación de la tendencia histórica

Consiste en identificar una ecuación de regresión utilizando datos históricos de consumo de un determinado bien o servicio, utilizando la regresión simple en la cual la demanda es la variable dependiente de otra que se considera independiente. La intensidad de la relación que liga a las variables entre sí, se determina a través del análisis de correlación. Así mismo, es factible utilizar

proyecciones de poblaciones cuando el comportamiento de una variable relevante este sujeta a su crecimiento.

2.8.2.2.2 Los coeficientes técnicos

Para poder pronosticar alguna demanda futura para un determinado bien, existen ciertas publicaciones que divulgan índices técnicos sobre diferentes aspectos:

- Índices de los ingresos de la población
- Índices de crecimiento de la población
- Índices de ingreso per-capita
- Índices de consumo

2.8.2.2.3 Métodos econométricos

Los métodos econométricos buscan expresar con formulas matemáticas la relación entre algunas variables de considerable importancia (precios, ingresos, producción, etc.) buscando obtener un alto grado de confianza.

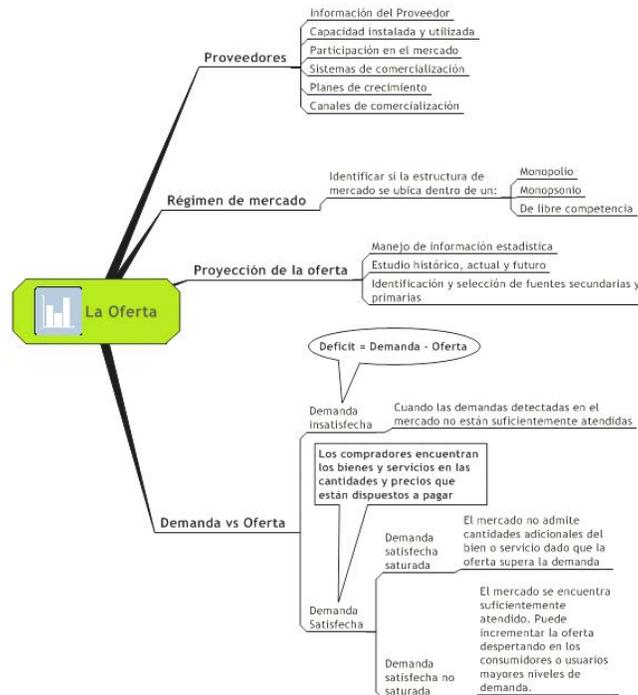
2.8.3 La oferta

“La oferta es el número de unidades de un determinado bien o servicio que los vendedores están dispuestos a vender a determinados precios”⁴⁰.

La Oferta tiene por objeto identificar la forma como se ha comportado la demanda de un producto en un sector de la población. La oferta es una variable que depende en gran medida de otras variables como son:

- La capacidad instalada de los competidores
- Disponibilidad y costos de los insumos
- Restricciones determinadas por los gobiernos
- Los desarrollos tecnológicos
- El comportamiento de los bienes sustitutos y complementarios

⁴⁰ SAPAG CHAIN Nassir, SAPAG CHAIN Reinaldo, “Preparación y Evaluación de Proyectos”, *Mc Graw Hill*, Cuarta Edición, México 2004, página 45.



2.8.4 El precio

En las organizaciones económicas basadas en el sistema de mercado, las pautas seguidas en la fijación de precios constituyen un aspecto esencial en el proceso de producción y comercialización de bienes y servicios.

2.8.4.1 Mecanismo de Formación de Precio.

Tomando como base las características del producto y del tipo de mercado, podemos identificar diferentes posibilidades para la fijación de precios en un mercado.

- Precio dado por el mercado interno.
- Precio dado por productos similares importados.
- Precios fijados por el gobierno.
- Precio estimado en función del costo de producción.
- Precio estimado en función de la demanda (a través de los coeficientes de elasticidad)
- Precios del mercado internacional para productos de exportación.

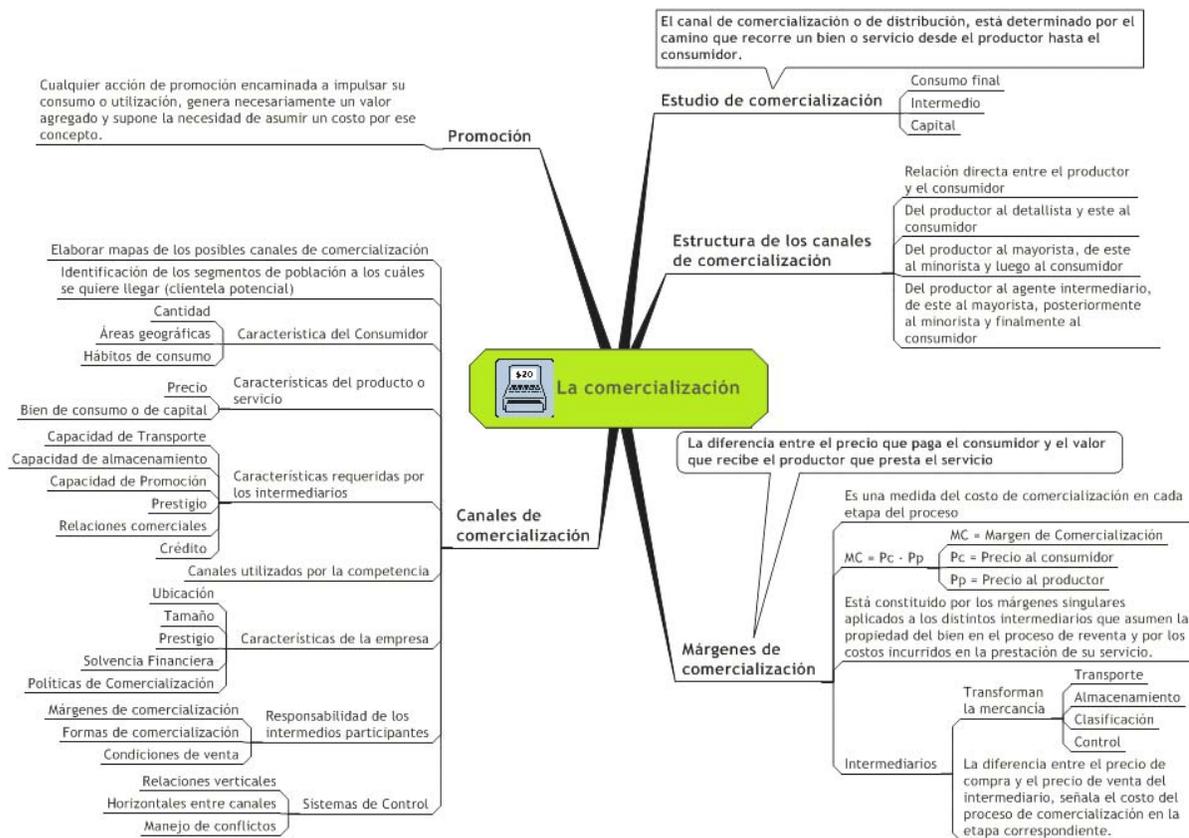
La fijación del precio debe señalar valores máximos y mínimos probables entre los que oscilará el precio de venta unitario del producto, y sus repercusiones

sobre la demanda del bien. Una vez que se ha escogido un precio, este debe ser utilizado para las estimaciones financieras del proyecto.

2.8.5 La comercialización

“Es la ejecución de las actividades comerciales que dirigen el flujo de bienes y servicios del productor al consumidor o usuario”⁴¹.

La comercialización señala las formas específicas de procesos intermedios que han sido desarrollados para que el producto o servicio llegue al usuario final.



La estadística como método puede considerarse como la técnica del método científico, posibilitando la inducción científica o incompleta.

“En la ciencia de la estadística se distinguen dos fases diferenciadas, una descriptiva, cuyos conocimientos y saberes constituyen la Estadística Descriptiva, y otra inferencial muy formalizada cuyo acervo forma la

⁴¹ Comité de Definiciones, *Marketing Definitions*, Chicago, Illinois, E.U.A., 1960, página 15.

Inferencia Estadística. El nexo de unión entre ambas lo forma la Teoría Matemática de la Probabilidad”⁴².

2.9 Marcas y Logotipos

Los productos y las organizaciones tienen su propia personalidad y así, como las personalidades humanas son complejas también lo son las personalidades de los productos y las organizaciones.

“Las marcas, los logotipos de los productos y las organizaciones son condensaciones de realidades complejas en una afirmación simple, en una declaración que puede ser controlada, modificada, desarrollada y madurada en el curso del tiempo”⁴³”

Las marcas son los medios por los cuales los comerciantes distinguen sus productos o servicios de los que ofrecen otros, se pueden dividir en dos grandes categorías:

- Nombres de marca
- Imágenes de Marca

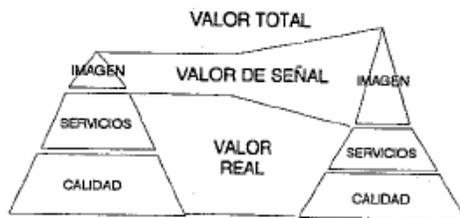


Figura 11a. Instrumentos para formar la Imagen

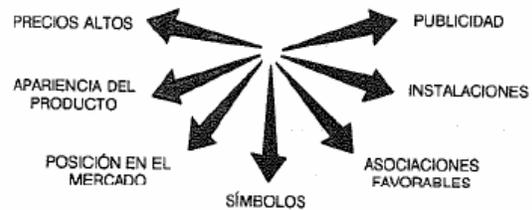


Figura 11b. Instrumentos para formar la imagen

2.9.1 Historia de las marcas y logotipos.

Los comerciantes han utilizado desde hace mucho tiempo marcas de fábrica y/o recursos visuales para distinguir sus productos de otros. En el pasado, los ceramistas identificaban sus vasijas grabando la huella del pulgar en el barro húmedo en la parte inferior de la vasija, o poniéndole su marca o nombre, sumado al orgullo por el objeto fabricado; el buen ceramista esperaba también que sus clientes buscasen su marca y comprasen sus vasijas, prefiriéndolas sobre las de otros ceramistas.

⁴² ESCUDER VALLES Roberto, “Estadística Económica Empresarial”, Artes Gráficas Flores, Valencia, España 1982, página 21.

- **Necesidad de un carácter distintivo:** Una de las funciones clave de una marca o de un logotipo es identificar un producto, un servicio o una empresa sobre otros. De ello se desprende que la marca o el logotipo deben ser distintivos.
- **El Rol estratégico de la marca:** El paso de la comercialización del producto a su comunicación y el paso de la valoración de los aspectos materiales a la de los aspectos inmateriales son dos corrientes fuertemente ligadas a la vida de los mercados de consumo.

“Un producto que se presente hoy en el mercado sin una clara estrategia comunicativa no existe como marca y, a menudo tampoco como producto.”⁴⁴

2.9.2 Tendencias para situar la marca

- **Incremento cuantitativo y cualitativo de la oferta:** El aumento en la oferta de productos es cada vez mayor, este proceso se acelera debido al fenómeno de la competencia que incita a que las empresas busquen nuevas propuestas o nuevas variantes de las propuestas ya existentes. El incremento constante de la oferta de productos finaliza por crear un muro impenetrable, formado por miles y miles de productos sin identidad ni nombre de los que el consumidor sólo alcanza a diferenciar aquellos que mantienen su propio estilo.
- **Saturación progresiva de los mercados:** En los mercados saturados, un productor sólo puede aumentar su participación en el mercado en detrimento de otro u otros. Cada nuevo consumidor de una marca x, es un consumidor que ha abandonado la marca y; el papel de la marca juega un rol muy importante en este proceso de abandono de la marca competidora y de una nueva adhesión a la marca ganadora.

⁴³ MURPHY John, ROWE Michael, *“Como diseñar marcas y logotipos”*, Ediciones GILI, Segunda Edición, España 1991, página 6.

⁴⁴ SEMPRINI Andrea, *“El marketing de la marca”*, Ediciones Piados, Primera Edición 1995, Barcelona España, página 23.

- **Apertura de las empresas a la comunicación:** El desarrollo creciente de una nueva cultura de comunicación mueve a las empresas a comprender sus valores, su saber hacer y sus productos. La cultura de la comunicación transfiere a las empresas la certidumbre de que sus ideas y valores no existen sino son conocidas por el consumidor.
- **Saturación mediática:** Los comerciantes en su afán de atraer mayores clientes, abusan de los discursos triviales que se han vuelto inútiles para la comunicación de un producto o de la identidad de la marca.
- **Desmaterialización de los productos:** Los productos se exhiben en presentaciones más pequeñas, se han comprimido y reducido, las causas son principalmente la reducción de costos de producción.
- **Pérdida de sentido de los productos:** La atención y la carga afectiva que los individuos influyen en los productos decrece en forma directamente proporcional a la proliferación de los mismos.
- **Atribución de un nuevo peso simbólico a los productos:** La extensión de la carga simbólica de un producto, que puede ser una gran ventaja si se explota en la dirección correcta implica asimismo, un gran peligro sino se sabe utilizar con pericia.
- **Diversificación del comportamiento de los consumidores:** Los consumidores generalmente no respetan los nichos de mercado que los productores les habían atribuido, sino que además realizan compras que los expertos en investigación de mercado consideran contradictorios.
- **Dilución del consumo en la vida.** El creciente aumento en la complejidad de los mercados y el desarrollo en la comunicación de los productos muestran con toda claridad la obsolescencia de las perspectivas que se habían basado en el comportamiento de los consumidores.
- **El mercado de las marcas:** El mercado se crea por la interactividad de dos actores principales: los productores y los consumidores. El objetivo de los productores es poner sus productos a disposición de los consumidores para que estos los puedan comprar. El consumidor no se relaciona con el producto hasta que no lo ha adquirido.

2.10. Identificación de las necesidades del Mercado del concreto ligero

2.10.1 Definición del tipo de producto a desarrollar

El producto a desarrollar es un concreto ligero fabricado a base de un agregado de peso ligero (microesferas de vidrio que encapsulan aire). Este agregado desarrollará la característica más evidente de este tipo de concreto (su baja densidad), la cual es considerablemente menor que la del concreto normal.

2.10.1.1 Caracterización de usos del concreto ligero

El concreto ligero puede utilizarse para la construcción de viviendas, en elementos prefabricados, para nivelación de losas y pisos, como elementos divisorios en cines, teatros y lugares de reunión. Las ventajas del concreto ligero además de su baja densidad son su aislamiento térmico, acústico y su resistencia al fuego. Existe una gran tendencia a emplear más el concreto ligero, así como a probarlo en nuevas aplicaciones, incluyendo concreto presforzados, edificios y en losas para techos.

2.10.1.2 Normas de calidad

Según la norma ASTM C 330-77, el concreto estructural ligero debe tener una resistencia a la compresión, medida en un cilindro estándar a los 28 días, no menos de 176Kg/cm².

2.10.2 Análisis de la demanda

2.10.2.1 Perfil del consumidor

De 1980 al 2000, la tasa de crecimiento anual del número de viviendas particulares fue de alrededor de 3.0%. Actualmente, según informes del XII Censo General de Población y Vivienda, existen 21.9 millones de viviendas particulares en el inventario habitacional del país. Esta cantidad es ligeramente inferior al número de hogares registrados en el 2000 (22.1 millones), lo que denota una

demanda insatisfecha. Este rezago en la cantidad de viviendas hace suponer un creciente auge en los próximos años en la industria de la construcción y por consiguiente en la industria del concreto.

“En lo que se refiere a los materiales de construcción utilizados en la edificación de viviendas, se registra una mayor utilización de materiales duraderos y sólidos en reemplazo de los provisionales, los cuales con frecuencia con llevan a más problemas de durabilidad, higiene y mantenimiento. El porcentaje de viviendas con muros de tabique, ladrillo, *block* o piedra; pasó de 77% en 1980 a 89% en el 2000. En lo que se refiere a la proporción de viviendas con techo de concreto o ladrillo y las viviendas con piso de material firme, ésta pasó de 44 a 64% y de 72 a 86%, respectivamente (Programa Sectorial de Vivienda 2001-2006).⁴⁵”

2.10.2.2 Demanda Potencial

El cemento es el principal material para construcción en los sectores industrial y residencial. Los consumidores finales del cemento son básicamente los productores de concreto premezclado, clientes industriales y contratistas de compras a granel. Los usuarios finales del concreto premezclado son generalmente constructores habitacionales, comerciales e industriales.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), la construcción total en nuestro país creció 3.3% en 2005 comparado con el 2004. El incremento en la construcción total en México en 2005 se debió principalmente al incremento en los sectores comercial e industrial, así como en el sector de infraestructura.

En México, el cemento se vende principalmente a través de distribuidores, y el resto se vende a través de productores de concreto premezclado, fabricantes de productos de concreto y contratistas de la construcción. El cemento que se vende a través de distribuidores es mezclado con agregados y agua por el consumidor final en el sitio de la obra para fabricar el concreto. Los productores de concreto premezclado combinan los ingredientes en las plantas y lo surten a las obras locales a través de revolvedoras que vacían el concreto premezclado. A diferencia de lo que sucede en economías más desarrolladas, donde la

⁴⁵ Instituto Nacional de las Mujeres, “El enfoque de género en la producción de las estadísticas sobre familia hogares y vivienda en México”, Primera Edición, Septiembre del 2003, México, página 47.

comercialización del cemento se concentra en los sectores industrial y comercial, en México, las personas que compran sacos de cemento para sus propias viviendas y otras construcciones básicas, representan un componente significativo del sector de ventas al menudeo. Se estima que el 45% de la demanda total en México⁴⁶ proviene de personas que se encargan de sus propias necesidades de construcción. Por lo anterior consideramos que esta gran base de ventas al menudeo es un factor que contribuye significativamente al desempeño general del mercado mexicano del cemento.

La Producción estimada de Concreto Premezclado en Latinoamérica es de: 75´871,547 m³ y la producción estimada en todo el continente americano es de 450´635,047 m³⁴⁷.

2.10.2.3 Resultados de la investigación directa

Se realizaron 2 encuestas con el propósito de conocer entre los usuarios y especialistas del concreto, ¿Cuál es la tendencia para utilizar el concreto ligero? Dichas encuestas están formadas de 7 preguntas.

- a) Encuesta telefónica asistida por computadora utilizando la página *web* <http://www.canoasunam.org/miltonchavezgasca>
- b) Encuesta a 54 personas en la reunión magna del *American Concrete Institute* Capítulo México el 31 de Mayo del 2007 en el Centro Asturiano en la Ciudad de México.

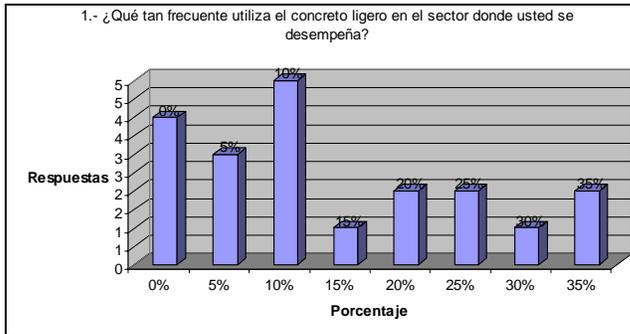
a) Encuesta telefónica asistida por computadora

- Universo: Empresas constructoras, constructores independientes, Ingenieros Civiles independientes, Arquitectos, etc.
- Muestra n= 20
- En cuanto al muestreo: Estratificado por actividad laboral
- Fechas de trabajo: Del 14 de Mayo del 2007 al 1ro de Junio de 2007.

⁴⁶ Fuente: CEMEX, Reporte anual que se presenta de acuerdo con las disposiciones de carácter general aplicables a las emisoras de valores y a otros participantes del mercado de valores por el año terminado el 31 de Diciembre de 2005.

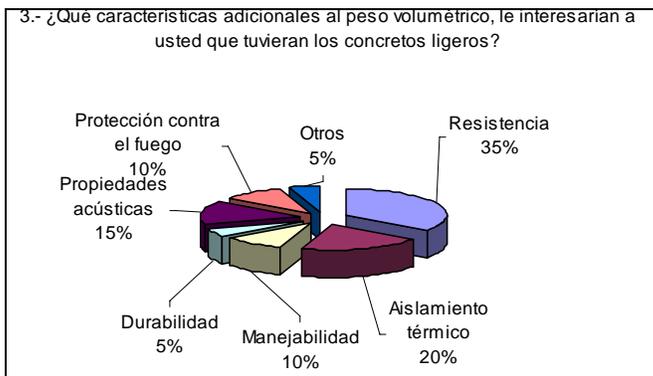
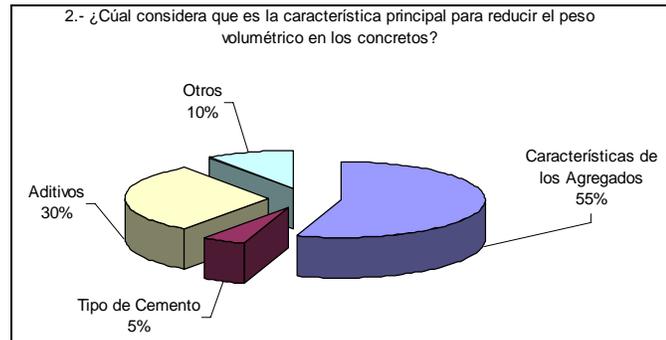
⁴⁷ Fuente: Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

Los resultados se muestran a continuación:



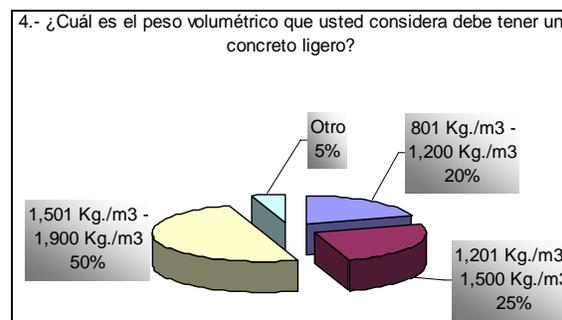
Cantidad de Respuestas	Porcentaje que utiliza el concreto ligero
4	0%
3	5%
5	10%
1	15%
2	20%
2	25%
1	30%
2	35%
20	

Respuesta Seleccionada	Cantidad de Respuestas
Características de los Agregados	11
Tipo de Cemento	1
Aditivos	6
Otros	2
	20

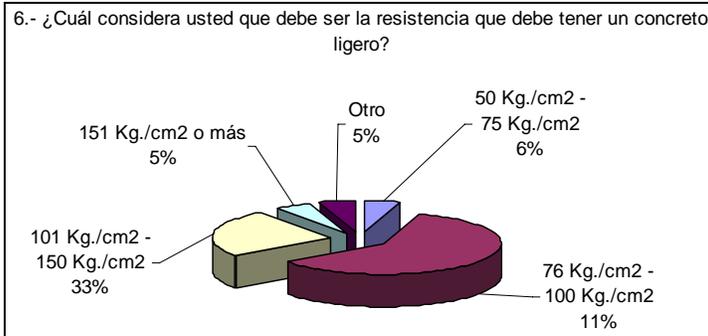
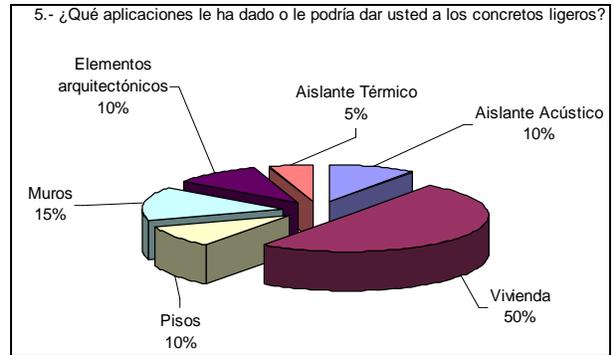


Respuesta Seleccionada	Cantidad de Respuestas
Características de los Agregados	11
Tipo de Cemento	1
Aditivos	6
Otros	2
	20

Peso volumétrico deseado	Cantidad de Respuestas
801 Kg./m3 - 1,200 Kg./m3	4
1,201 Kg./m3 - 1,500 Kg./m3	5
1,501 Kg./m3 - 1,900 Kg./m3	10
Otro	1
	20

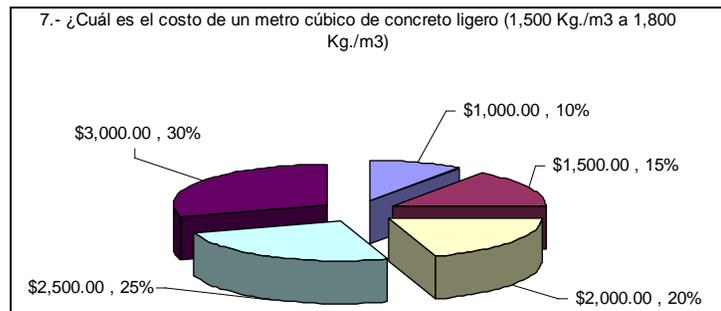


Aplicaciones al concreto ligero	Cantidad de Respuestas
Aislante Acústico	2
Vivienda	10
Pisos	2
Muros	3
Elementos arquitectónicos	2
Aislante Térmico	1
	20



Peso volumétrico deseado	Cantidad de Respuestas
801 Kg./m3 - 1,200 Kg./m3	4
1,201 Kg./m3 - 1,500 Kg./m3	5
1,501 Kg./m3 - 1,900 Kg./m3	10
Otro	1
	20

Costo	Cantidad de Respuestas
\$ 1,000.00	1
\$ 1,500.00	3
\$ 2,000.00	9
\$ 2,500.00	6
\$ 3,000.00	1
	20



- b) Encuesta a personalidades del concreto en México durante la reunión mensual del *American Concrete Institute* (ACI) Capítulo México el 31 de Mayo del 2007⁴⁸

⁴⁸ Agradecemos al Ing. José Antonio Rangel Jaramillo presidente del *American Concrete Institute* Capítulo México por todas las facilidades prestadas para la realización de la encuesta en su asamblea mensual en Mayo del 2007.

Para la realización de la encuesta se diseñó un tríptico que consta de las mismas 7 preguntas que se utilizan en la página *web*.



El presente estudio de mercado forma parte del trabajo de investigación llamado:

- Evaluación técnica y económica del proyecto de inversión de un concreto fabricado a base de microsfera.

Dirigido por el Dr. Hugo Meza Puesto y que servirá como trabajo final (tesis) para concluir mis estudios en la maestría en Ingeniería Civil (Área Construcción) en el Posgrado de Ingeniería de la UNAM.

Mayo del 2007



Agradecimientos

Al Ing. José Antonio Rangel Jaramillo Presidente del ACI Capítulo México por las facilidades otorgadas para la realización de esta encuesta en la asamblea mensual del ACI Capítulo México el 31 de Mayo del 2007.

Al Ing. Fernando García Ayala de BASF México por la aportación de los materiales y los aditivos para la fabricación del concreto a estudiar.

Al Sr. Eduardo Ulises Fuentes Venado por la elaboración de la página web donde está alojada esta encuesta...




Agradecimiento
Ing. Milton Chávez Gasca
chavez.milton@correo.unam.mx
<http://www.canoasunam.org>

Investigación de Mercado

Concreto Ligero




La participación de los alumnos de la carrera de Ingeniería Civil de la **Facultad de Ingeniería de la UNAM** en el concurso **National Concrete Canoe Competition** en Madison, Wisconsin, E.U.A. en junio del 2002 aportó la fabricación de un concreto ligero con propiedades muy particulares.

Esta primera experiencia incitó a los alumnos de generaciones posteriores a continuar participando en el concurso de canoas de concreto y a seguir desarrollando concretos con mejor desempeño.



El concreto ligero que ha sido fabricado en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UNAM tiene características que pueden ser aprovechadas en la industria de la construcción de nuestro país por lo anterior, el problema a resolver en esta investigación es:

¿Puede fabricarse un concreto ligero y versátil, que cumpla con las características técnicas y económicas necesarias para que pueda ser utilizado en la industria de la Construcción de nuestro país?

Investigación de Mercado

- ¿Qué tan frecuente utiliza el concreto ligero en el sector donde usted se desempeña?
Respuesta: _____ % (0% - 100%)
- ¿Cuál considera que es la característica principal para reducir el peso volumétrico en los concretos?
 - Características de los Agregados
 - Tipo de Cemento
 - Aditivos (incluidos de aire o reductores de agua)
 - Otros _____
- ¿Qué características adicionales al peso volumétrico, le interesarían a usted que tuvieran los concretos ligeros?
 - Resistencia
 - Aislamiento Térmico
 - Manejabilidad
 - Durabilidad
 - Propiedades acústicas
 - Protección contra el fuego
 - (otros) _____
- ¿Cuál es el peso volumétrico que usted considera debe tener un concreto ligero?
 - 801 Kg./m³ - 1.200 Kg./m³
 - 1.201 Kg./m³ - 1.500 Kg./m³
 - 1.501 Kg./m³ - 1.900 Kg./m³
 - Otro _____ Kg./m³

- ¿Qué aplicaciones le ha dado o le podría dar usted a los concretos ligeros?

- ¿Cuál considera usted que debe tener la resistencia que debe tener un concreto ligero?
 - 50 Kg./cm² - 75 Kg./cm²
 - 76 Kg./cm² - 100 Kg./cm²
 - 101 Kg./cm² - 150 Kg./cm²
 - 151 Kg./cm² o más
 - _____ Kg./cm²
- ¿Cuál considera usted que puede ser la resistencia máxima que puede alcanzar un concreto con un peso volumétrico de: 1.200 Kg./m³?

- ¿Cuál es el costo de un metro cúbico de concreto ligero (1.500 Kg./m³ a 1.800 Kg./m³)?

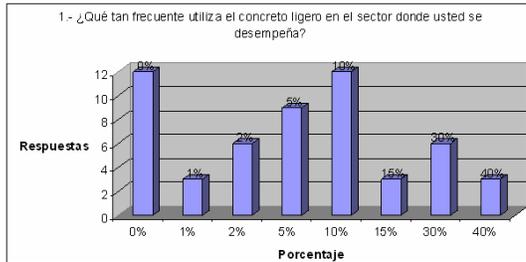
Muchas Gracias por su participación.

Total de encuestados = 100% (54)

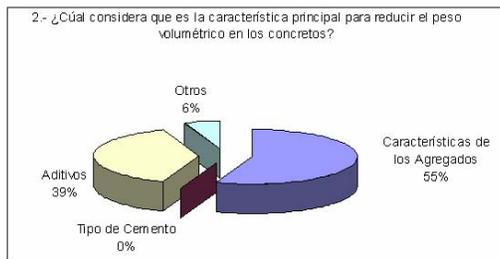
1.- ¿Qué tan frecuente utiliza el concreto ligero en el sector donde se desempeñan?

9.72 %

Cantidad de Respuestas	Porcentaje que utiliza el concreto ligero
12	0%
3	1%
6	2%
9	5%
12	10%
3	15%
6	30%
3	40%



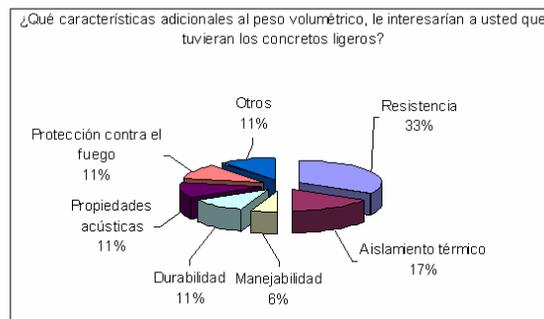
2.- ¿Cuál considera que es la característica principal para reducir el peso volumétrico en los concretos?



Respuesta Seleccionada	Cantidad de Respuestas
Características de los Agregados	30
Tipo de Cemento	0
Aditivos	21
Otros	3
Total	54

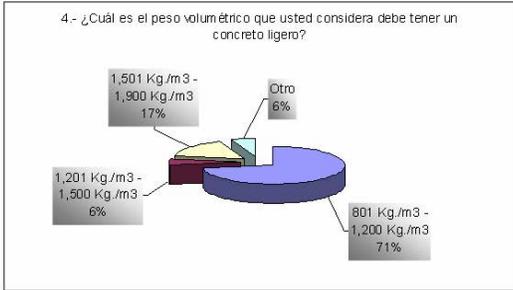
3.- ¿Qué características adicionales al peso volumétrico, le interesarían a usted que tuvieran los concretos ligeros?

Respuesta Seleccionada	Cantidad de Respuestas
Resistencia	18
Aislamiento térmico	9
Manejabilidad	3
Durabilidad	6
Propiedades acústicas	6
Protección contra el fuego	6
Otros	6
Total	54





4. - ¿Cuál es el peso volumétrico que usted considera debe tener un concreto ligero?



Peso volumétrico deseado	Cantidad de Respuestas
801 Kg./m3 - 1,200 Kg./m3	39
1,201 Kg./m3 - 1,500 Kg./m3	3
1,501 Kg./m3 - 1,900 Kg./m3	9
Otro	3
	54

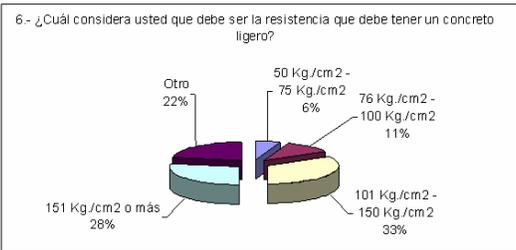


5.- ¿Qué aplicaciones le ha dado o le podría dar usted a los concretos ligeros?

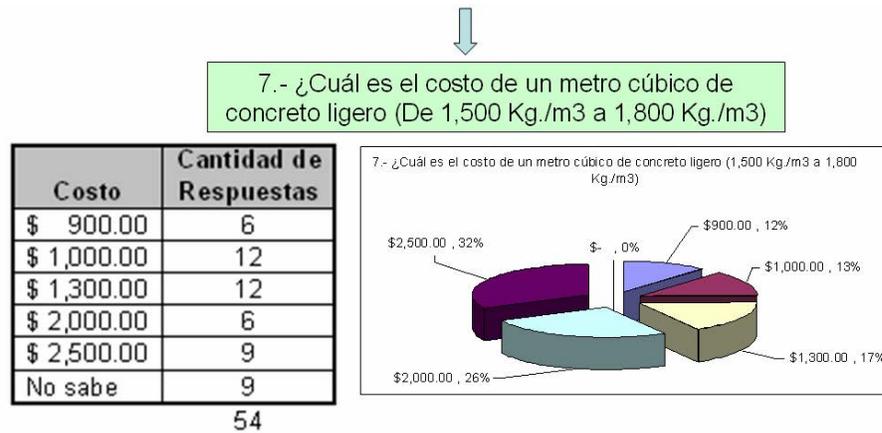
Aplicaciones al concreto ligero	Cantidad de Respuestas
Capacidad de autocurado	1
Aislante térmico	9
Pisos	9
Muros	12
Elementos arquitectónicos	5
Rellenos	6
Vivienda	6
Aislante Acústico	6
	54



6.- ¿Cuál considera usted que debe ser la resistencia que debe tener un concreto ligero?



Resistencia deseada	Cantidad de Respuestas
50 Kg./cm2 - 75 Kg./cm2	3
76 Kg./cm2 - 100 Kg./cm2	6
101 Kg./cm2 - 150 Kg./cm2	18
151 Kg./cm2 o más	15
Otro	12
	54



2.10.2.4 Proyección de la demanda

Las condiciones económicas de nuestro país nos permiten prever un crecimiento sustancial en el número de demandantes de productos para la construcción. La demanda de concreto premezclado y productos de concreto depende principalmente de la demanda de la construcción. La industria de la construcción se compone de tres sectores principales:

1. Sector residencial
2. Sector industrial y comercial
3. Sector público

Siendo el sector público el sector con mayor consumo, particularmente para proyectos de infraestructura como calles, carreteras y puentes.

2.10.3 Análisis de la Oferta

2.10.3.1 Características de los principales oferentes

Los principales oferentes en nuestro país son:

1. **CELDACRET:** Concreto ligero de baja densidad, compuesto por cemento, agua, roca pumítica y aditivo, utilizado en la fabricación de muros prefabricados, colados de pisos, entrepisos y techos. Ofrece ventajas con respecto a peso, dureza, costo, fraguado, etc. CELDACRET es un concreto, también llamado concreto ligero, concreto molecular o concreto celular, su principal propiedad es su baja densidad provocada por el uso de la roca

pumítica como agregado y el aditivo ADICRET. Al igual que el concreto normal, CELDACRET se compone de cemento, agregado y agua.

2. **RELLENO-CRET**: Son esferas de poliestireno utilizadas para aligerar el peso del concreto, expandido recubierto con un aditivo especial para su adhesión con la mezcla del cemento-arena, con su uso se obtiene una distribución homogénea, un concreto ligero, con excelentes propiedades térmicas y acústicas. Reduce hasta en una quinta parte el peso del concreto convencional. Excelentes propiedades térmicas y acústicas. Incombustible e impermeable. El concreto ligero, usando Relleno-Cret puede elaborarse en olla revolvedora o bien en forma manual.
3. **Lightstone**: Es un mineral no metálico de origen volcánico denominado químicamente como un SILICO-ALUMINATO-POTÁSICO, con un 96% de pureza, con un contenido de gases del 48% los cuales se encuentran encerrados en celdas elípticas, lo que le confiere su ligereza y al mismo tiempo su resistencia. Estos gases son pesados y por lo tanto retardan la transmisión de calor o frío. Es resistente al ataque de ácidos, bases, sulfatos y al efecto de lixiviación. En combinación con cemento portland y aditivos se logra un concreto de características especiales.
4. **Concreto Profesional^{MR} Ligero Celular (CEMEX)**: Es un aislante termoacústico, resistente al fuego, y con capacidad estructural. Permite reducir las cargas muertas en las estructuras. Su alta trabajabilidad favorece las operaciones de colocación y elimina la aplicación de vibradores. Es resistente al fuego y apto para ser bombeable. Se recomienda para elementos divisorios en lugares de reunión. Para aligerar cargas muertas en la estructura y para la construcción de viviendas de concreto tipo monolíticas.

2.10.3.2 Volumen de producción

La industria del cemento en México se consolidó en la década de los ochenta, siendo actualmente los productores de cemento las empresas:

- Cemex
- Holcim Apasco
- Cementos Moctezuma
- Sociedad Cooperativa Cruz Azul
- Grupo Cementos de Chihuahua

Con una capacidad total de 46 millones de toneladas a diciembre del 2000. Durante el año 2000, se produjeron 31.5 millones de toneladas, cifra que representa el 68.9% de la capacidad instalada. Este porcentaje de utilización se incrementó en un 9% con respecto al alcanzado en 1999 y es el mayor después de la crisis de 1994-1995. La industria del concreto premezclado está en desarrollo según la Asociación Mexicana de la Industria del Concreto Premezclado, durante el año 2000, aproximadamente el 15% del volumen de cemento se vendió como concreto premezclado, por lo que existe un gran potencial de crecimiento en este mercado. A diferencia de la industria del cemento, en la industria del concreto premezclado no existen grandes barreras en virtud de que se pueden instalar plantas móviles y la inversión necesaria es relativamente baja.

AÑO	AMIC C.D. MEXICO	AMIC INTERIOR EN EL PAIS	AMIC NACIONAL	CONST. DE VIVIENDA	NO ASOCIADOS	OTROS	TOTAL EN M3
2001	2,401,218	8,404,263	10,805,481	1,979,300	660,605	403,360	13,848,746
2002	3,063,213	11,127,566	14,190,779	2,328,580	777,183	518,896	17,815,438
2003	3,166,434	11,715,805	14,882,239	2,352,000	801,220	541,063	18,576,522
2004	3,451,938	12,101,434	15,535,372	2,400,000	826,200	563,381	19,342,950
2005	3,523,769	13,016,213	16,539,982	2,620,500	1,000,000	403,210	20,567,710

Figura 12. Producción en m3 de concreto premezclado (Producción a nivel Industrial)⁴⁹

⁴⁹ Fuente: Asociación Mexicana de la Industria del Concreto Premezclado.

Año	Producción (Millones Tons)	Consumo (Millones Tons)	Habitantes	Kgs./Hab
2000	32.8	31.0	99´929,495	310
2001	31.1	29.4	101´208,925	291
2002	32.0	30.8	102´790,554	300
2003	32.6	31.6	103´636,353	305
2004	33.9	32.5	104´790,554	310
2005	36.0	34.0	105´909,000	321

Figura 13. Consumo y Producción de Cemento Gris en México

A nivel Internacional tenemos las siguientes estadísticas:

Federación Iberoamericana Del Hormigón Premezclado		ESTADISTICAS 2005					
Pais	Poblacion	Producción m3 en 2005	Consumo de cemento en tn 2005	Per capita concreto (m3/hab)	Per capita cemento kg/hab	Penetracion (Consumo de cemento en premezclado)	Fuente
Argentina	35.000.000	4.319.110	7.416.000	0,123	211,89	17,5%	AAHE
Bolivia	9.000.000	404.501	1.415.754	0,045	157,31	8,0%	COBOCE/IBCH/Estimación FIHP
Brasil	180.000.000	19.040.000	36.300.000	0,106	201,67	16,0%	ABESC
Chile	16.000.000	5.889.191	4.379.000	0,368	273,69	35,0%	ICH/Estimación FIHP
Colombia	42.000.000	4.157.000	7.800.000	0,089	185,71	14,8%	ASOCRETO/ICFC
Costa Rica**	4.309.000	400.000	1.200.000	0,093	278,49	9,3%	ICCYC, FIHP, CEPAL
Cuba	12.000.000	258.069		0,021	0,00	51,0%	TICONS
Ecuador***	12.000.000	1.050.000	3.750.000	0,088	312,50	9,0%	HOHESA
Guatemala	13.000.000	650.000	2.500.000	0,050	192,31	9,0%	Mixto Listo
México	105.400.000	18.600.000	35.000.000	0,176	332,07	17,0%	AMIC
Panamá	2.980.000	946.223	867.180	0,318	291,00	30,5%	APACRETO/Latin American Markets
Perú	28.000.000	1.246.902	5.150.000	0,045	183,93	8,3%	UNICON
Puerto Rico	3.800.000	3.800.000	1.600.000	1,000	421,05	70,0%	APR/US Geological Survey
Venezuela	25.000.000	2.058.658	4.382.950	0,082	175,32	15,5%	AVECRETO
Portugal	12.000.000	12.000.000	8.720.000	1,000	726,67	32,0%	APEB
USA	296.500.000	348.763.500	125.800.000	1,176	424,28	75,0%	NRMA/PCA/US Geological Survey
España	44.000.000	87.657.998	51.509.000	1,992	1170,66	48,0%	ANEFHOP
Canada	32.400.000	26.000.000	9.190.000	0,802	283,64	75,0%	CRMCA
Comunidad Europea	439.700.000	369.600.000	223840000	0,841	509,07437	47,1%	ERMCO
Latinoamerica representado	488.489.000	62.817.654	111.760.884	0,129	228,79		
Proyección LATINOAMERICA*	590.000.000	75.871.547	134.985.479				

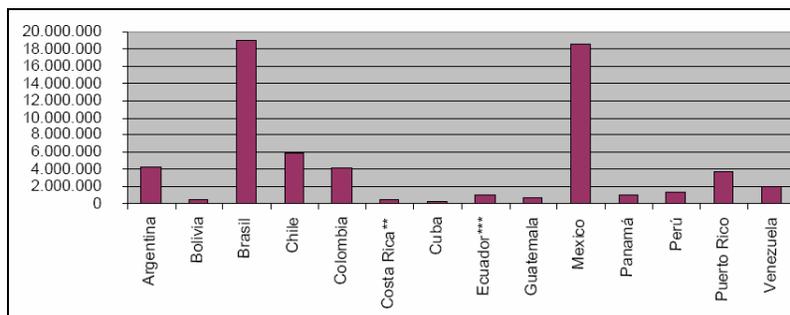


Figura 14. Producción de Concreto Premezclado en el 2005 en Latinoamérica⁵⁰

Los principales productores de cemento en el mundo son⁵¹:

1. China 1,060 millones de toneladas
2. India 130 millones de toneladas
3. Estados Unidos 95 millones de toneladas

⁵⁰ FUENTE: Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

⁵¹ FUENTE: Ídem

4. Japón 66 millones de toneladas
5. Corea del Sur 52 millones de toneladas

A nivel Internacional, los grandes productores de Concreto Premezclado del mundo son⁵²:

- Estados Unidos con 345 millones de metros cúbicos
- China con 149 millones de metros cúbicos
- España con 87.6 millones de metros cúbicos
- Italia con 77.4 millones de metros cúbicos
- Turquía con 46.3 millones de metros cúbicos

2.10.3.3 Proyecciones de la oferta

En consumo de concreto premezclado la media latinoamericana para el 2005 fue de 0.13 metros cúbicos por habitante al año. En el 2004 había sido de 0.11 metros cúbicos y siendo en México 0.176 metros cúbicos per cápita.

Los mayores productores per cápita en el mundo son⁵³:

1. Irlanda 2.44 m3/habitante
2. España 2.01 m3/habitante
3. Grecia 1.62 m3/habitante
4. Suiza 1.49 m3/habitante

La producción mundial de cemento fue de 2,283´000,000 toneladas en el 2005. Los países asiáticos han crecido casi un 60% desde el 2000 y las predicciones para latinoamérica son de un crecimiento de 13.5% y un 10% adicional al año 2020.

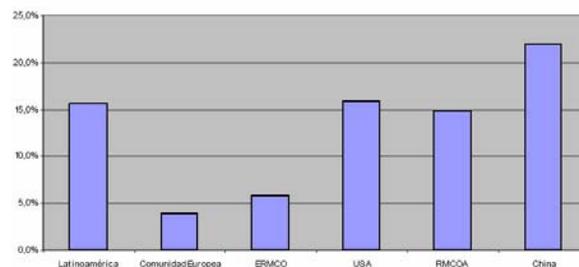


Figura 15. Crecimiento 2004/2005⁵⁴

⁵² FUENTE: Ídem

⁵³ FUENTE: Ídem

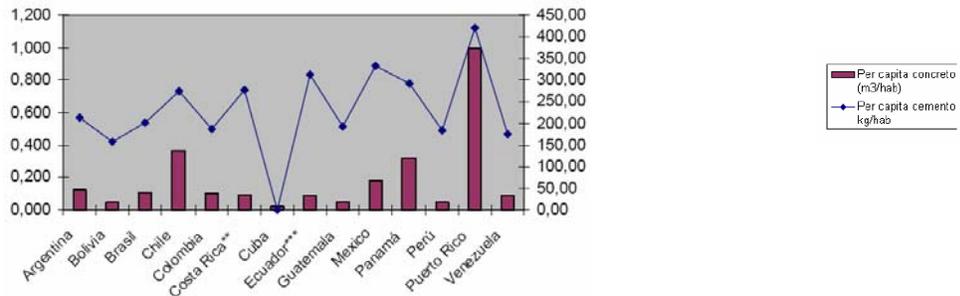


Figura 16. Consumo per cápita de concreto premezclado vs Consumo per cápita de cemento

En el mercado mexicano, la construcción de obra pública y la inversión en los sectores industrial, comercial y vivienda, se reflejaron en crecimientos de los volúmenes de venta. Las ventas en México tuvieron un crecimiento de 15.6% impulsadas principalmente por el crecimiento de la obra pública, así como por la reactivación de la construcción de los sectores industrial, comercial y vivienda. Se espera que la demanda del sector público este impulsada principalmente como resultado del gasto público en calles, carreteras, edificios públicos, y otros proyectos de infraestructura. En el sector residencial se estima que la demanda de cemento y de concreto sea impulsada por vivienda de nivel bajo y medio, en tanto que las hipotecas otorgadas por Infonavit y otras instituciones continúen aumentando. Se estima que el volumen del sector de la autoconstrucción tenga un aumento ligero como resultado de la relativa estabilidad de los salarios y el empleo.

2.10.3.4 Mercado para el proyecto

Ante la situación descrita y desde el punto de vista de la oferta nacional, creo que existe una gran factibilidad de que nuestro producto sea aceptado en el sector de la construcción, debido principalmente a la gran cantidad de demandantes y a las ventajas competitivas que tiene nuestro concreto comparado con lo que se ofrece en el mercado nacional.

⁵⁴ FUENTE: Ídem

2.10.4 Análisis de precios y comercialización

2.10.4.1 Análisis de Precios

Los precios en la industria varían de región a región. Los factores que influyen en los precios son la oferta y la demanda, la situación económica, la ubicación de las plantas, la accesibilidad a las materias primas y la flexibilidad que tengan las plantas en los consumos de combustibles. En una investigación directa realizada con los principales productores de concreto ligero, se observó la existencia de una variedad de precios que van desde \$1,500 pesos por metro cúbico hasta \$4,500 pesos por metro cúbico. Los precios varían principalmente por la localidad y por las características que necesiten del producto.

2.10.4.2 Comercialización

La industria del cemento vende aproximadamente el 60% del cemento en sacos y su principal canal de distribución es una red de distribuidores establecidos a lo largo del país. El cemento a granel se comercializa distribuyéndolo directamente a los consumidores de este producto como lo son las empresas productoras de concreto premezclado, block y otros productos.

Los canales de comercialización que se observan en el mercado del concreto ligero son principalmente en camión revolvedor donde el concreto viene dosificado y con las características solicitadas por el comprador o se suministran los insumos para fabricar el concreto ligero para que sea fabricado directamente en obra.

2.11 Conclusiones capitulares

Después de la conceptualización del problema a estudiar, el siguiente paso de todo proyecto de inversión es la investigación y el análisis de su mercado, su entorno significativo y las fuerzas que inciden en ellos. El estudio de mercado nos facilitará la concepción del proyecto global y nos ayudará a definir su factibilidad técnica y económica. Toda la información que se recopile en relación al estudio de mercado deberá ser analizada como un conglomerado al que hay que interpretar y ponerle orden.

El estudio de mercado que se realizó sobre el concreto ligero en México nos permitió obtener una imagen suficientemente completa del mercado que se piensa atacar, recopilando información primaria a partir de encuestas e información secundaria a partir de datos ya disponibles.

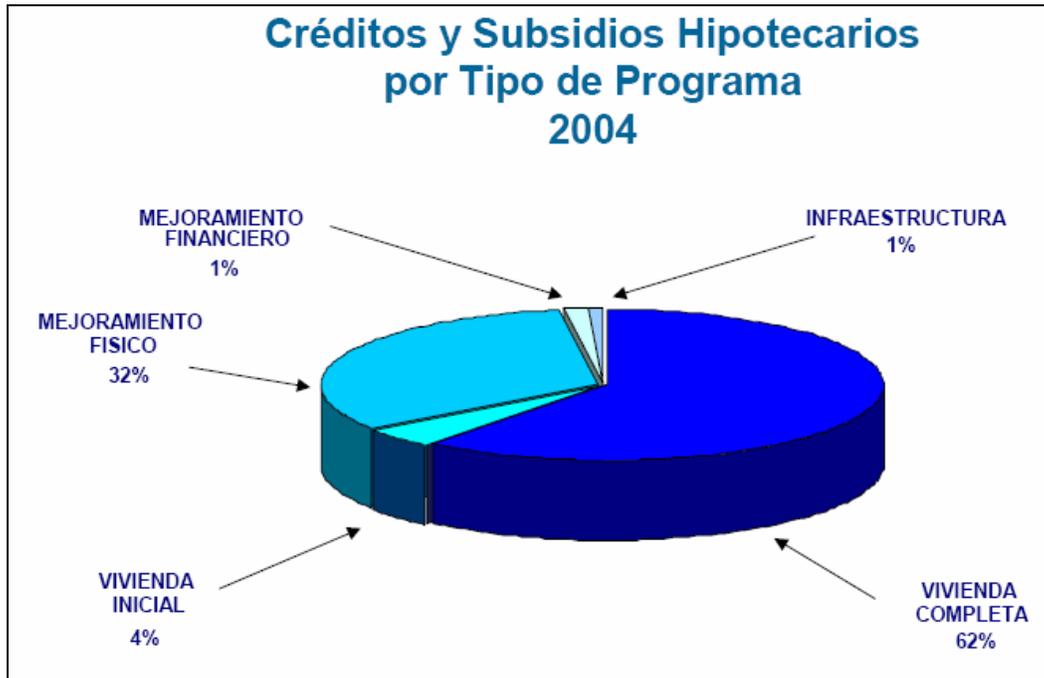
Con la información primaria que se obtuvo a través de entrevistas semiestructuradas empleando un cuestionario guía de preguntas sobre una muestra representativa entre los constructores y los especialistas del concreto en México, pudimos verificar el potencial que existe en el mercado mexicano de un concreto ligero que tenga propiedades deseables en muchos proyectos. Se obtuvo también información secundaria a través de fuentes de información y estadísticas confiables de organismos reconocidos y que en conjunto nos sirvió para dimensionar el mercado disponible que existe para el concreto ligero en nuestro país.

Se consideró que a pesar de la baja utilización del concreto ligero comparado con el concreto premezclado convencional que en México superó los 20 millones de metros cúbicos comercializados en el año 2005 según la Asociación Mexicana del Concreto Premezclado, el concreto ligero ha adquirido poco a poco un enorme auge entre los constructores y los desarrolladores de proyectos debido a sus propiedades que en muchos proyectos lo hacen un material deseable y que ha sabido enfrentar las adversidades y aprovechar las oportunidades y nichos de mercado que ha permitido a los productores de concreto ligero alcanzar una buena rentabilidad.

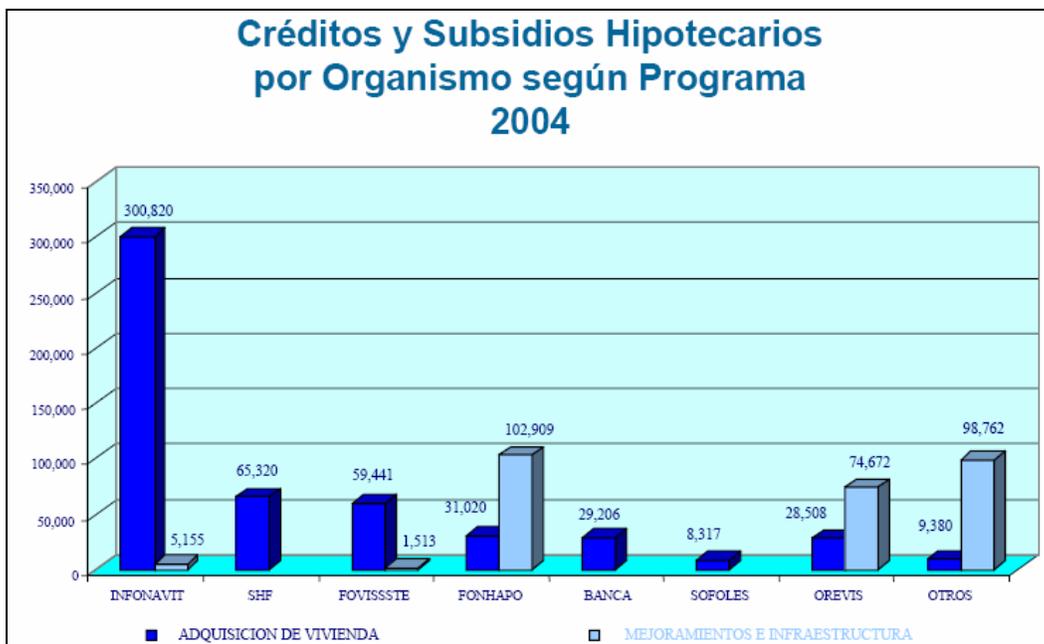
El volumen de información disponible y utilizada en la actualidad para realizar una adecuada investigación de mercado es tal, que para tomar una acertada decisión será imprescindible tener la sensibilidad para utilizar los datos necesarios que nos permitan dimensionar el mercado en el cual deseamos incursionar.

2.12 Apéndices Estadísticos

2.12.1 Créditos y Subsidios Hipotecarios por tipo de programa⁵⁵



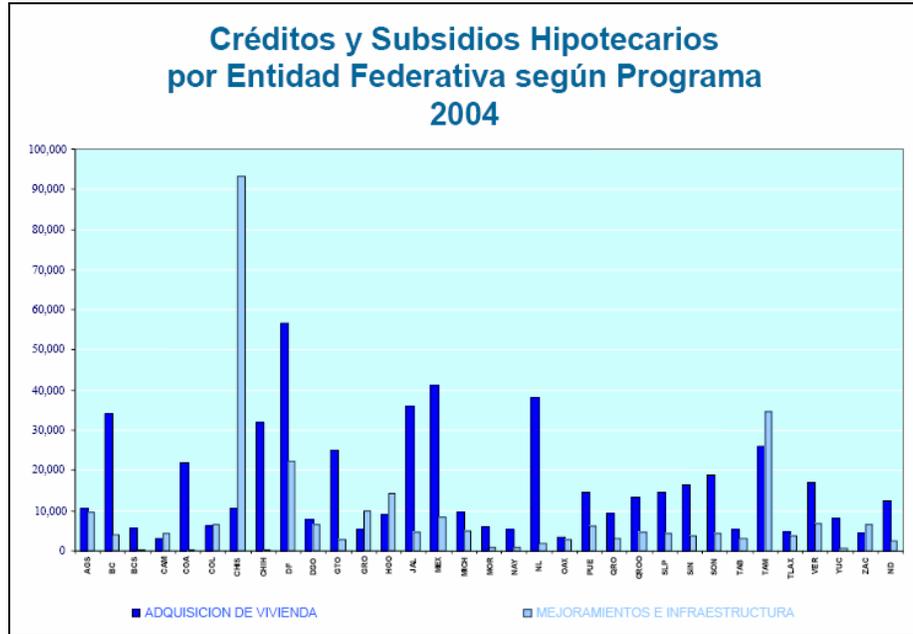
2.12.2 Créditos y Subsidios Hipotecarios por organismo según programa⁵⁶



⁵⁵ Datos obtenidos de la Estadística de Vivienda 2004, Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda.

⁵⁶ Ídem

2.12.3 Créditos y Subsidios Hipotecarios por Entidad Federativa según programa⁵⁷



2.12.4 Créditos e inversión ejercidos por organismo⁵⁸

ORGANISMO	CREDITOS EJERCIDOS	INVERSION EJERCIDA (MILES DE PESOS)
INFONAVIT	305,975	59,129,889.9
SHF (PROFIVI)	55,520	20,138,201.5
SHF (PROSAVI)	9,800	379,723.3
FOVISSSTE	60,954	17,103,732.8
FONHAPO	2,166	286,266.1
FONAEVI	131,753	1,600,657.4
PET	88,593	151,195.2
OREVIS	103,160	3,893,855.3
BANCA	29,206	18,405,045.8
SOFOPLES	8,317	3,411,919.0
ISSFAM	2,667	538,300.1
PEMEX	5,805	1,687,160.7
CFE	1,368	545,282.0
LFC	3,621	1,128,389.3
FOVIM	5,069	88,994.2
HABITAT MÉXICO	979	86,110.0
TOTAL	815,023	128,577,722.6

⁵⁷ Ídem
⁵⁸ Ídem

2.12.5 Créditos e inversión ejercidos por programa y subprograma⁵⁹

PROGRAMA SUBPROGRAMA	CREDITOS EJERCIDOS	INVERSION EJERCIDA (MILES DE N\$)
VIVIENDA COMPLETA	496,052	123,353,551.3
NUEVA	488,205	121,132,008.3
USADA	82	12,003.0
CON DISPONIBILIDAD DE TERRENO	9,785	2,208,639.1
VIVIENDA INICIAL	35,960	1,399,679.8
PIE DE CASA	34,925	1,388,043.7
AUTOCONSTRUCCION	1,035	13,636.1
MEJORAMIENTO FISICO	263,942	2,379,385.1
AMPLIACION	5,827	100,128.5
REHABILITACION	5,579	238,736.5
AMPLIACION Y REHABILITACION	252,736	2,040,520.1
MEJORAMIENTO FINANCIERO	11,433	1,100,368.9
PAGO DE PASIVOS	5,769	993,499.0
REFINANCIAMIENTO HIPOTECARIO	5	258.0
PAGO DE ENGANCHE	5,659	106,611.9
INFRAESTRUCTURA	7,636	344,737.5
ADQUISICION DE SUELO		137,836.7
LOTES CON SERVICIOS	7,636	206,900.8
T O T A L	815,023	128,577,722.6

⁵⁹ Idem

Bibliografía capitular

a) Tesis relacionadas con el tema

- CONCHA RAMÍREZ Elizabeth, "Riesgo de Mercado de las grandes empresas de México", Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, Facultad de Ingeniería UNAM, 2004.
- GUTIERREZ REED Arturo, "Innovación Industrial y rutas para innovar en la empresa", Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, UNAM, México 1997.
- OLOARTE MOLINA Alfonso, "Propuesta de método para el desarrollo de nuevos productos", Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, Facultad de Ingeniería UNAM, 2004.

b) Libros de consulta

- ALCALDE Jorge, DIEGO José, ARTACHO Miguel, "Diseño de Productos", Editorial Alfaomega, Primera Edición, México 2004.
- APPLEYARD Dennis, FIELD Alfred, "Economía Internacional", Editorial IRWIN, España, 1995.
- BACA URBINA Gabriel, "Evaluación de Proyectos", *Mc Graw Hill*, Cuarta Edición, México 2001.
- CARRÍO FIORE Jaime, "Marketing Estratégico", Marcombo Boixareu Editores, España 1992.
- COREY Raymond, CESPEDES Frank, RANGAN Kasturi, "Como entrar en el Mercado", *Mc Graw-Hill*, México 1991.
- DILLON William, MADDEN Thomas, FIRTLE Neil, "La investigación de mercados en un entorno de Marketing", Editorial IRWIN, Primera Edición en Español, España 1996.
- DONNELLY James, "Cómo conquistar al cliente", Editorial Paidós, Primera Edición en México, 1992.

- Estadística de Vivienda 2004, Comisión Nacional de Fomento a la vivienda, México 2004.
 - FISCHER Laura, "Mercadotecnia", Editorial Interamericana, México 1988.
 - FUENTES ZENON Arturo, "Las Armas del Estratega", Segunda Impresión, México 2002.
 - HAWKINS Deli, BEST Roger, CONEY Kenneth, "Comportamiento del Consumidor Repercusiones en la estrategia del Marketing", Editorial *Addison-Wesley* Iberoamericana, Delaware E.U.A. 1994.
 - "Investigación Práctica de Mercados", Mercamétrica Ediciones, Cuarta Edición, México 1992.
 - LEVITT Theodore, "Innovaciones en Marketing", Ediciones del Castillo, Madrid España, 1965.
 - NACIONAL FINANCIERA, "Guía para la formulación y evaluación de proyectos de inversión", México D.F.
 - OLIZAR Marynka, "Guía de los mercados de México", Publicaciones Marynka, México, 1975.
 - TAYLOR Weldon, SHAW Roy, "Mercadotecnia un enfoque integrador", Editorial Trillas, Primera Edición en Español, México 1973.
 - VELEZ Ibarrola Ricardo, GARCÍA Pérez Alfonso, "Principios de Inferencia Estadística" Universidad Nacional de Educación a Distancia, Segunda Reimpresión, España 1997.
 - WEIMER Richard, "Estadística", Compañía Editorial Continental, Primera Edición, México 1996.
- c) Páginas *web*
- <http://www.inegi.gob.mx>
 - <http://www.amicpac.org.mx>

CAPÍTULO 3

FACTIBILIDAD TÉCNICA DE UN CONCRETO FABRICADO A BASE DE MICROESFERA

Índice Capitular:

- 3.1. Fundamentos
- 3.2. Estado del arte
- 3.3. Reseña Histórica de los concretos
 - 3.3.1. Concreto reforzado
 - 3.3.2. Concreto presforzado

- 3.3.2.1. Pretensado
- 3.3.2.2. Postensado
- 3.3.2.3. Elementos pre y postensados
- 3.3.3. Concreto premezclado
- 3.3.4. Concreto prefabricado
- 3.3.5. Concreto de alta resistencia
- 3.3.6. Concreto lanzado
- 3.3.7. Concreto ligero
- 3.4. Evolución de los concretos ligeros
- 3.5. Clasificación de los concretos ligeros
- 3.6 Características del concreto ligero
 - 3.6.1 Aislamiento térmico
 - 3.6.2 Resistencia al fuego
 - 3.6.3 Aislamiento acústico
- 3.7 Propiedades del concreto ligero
 - 3.7.1 Densidad y resistencia a la compresión
 - 3.7.2 Resistencia a la tensión y modulo de ruptura
 - 3.7.3 Módulo de elasticidad
 - 3.7.4 Flujo plástico
- 3.8 Componentes del concreto ligero
 - 3.8.1 Cementantes
 - 3.8.2 Agregados ligeros
 - 3.8.2.1 Vermiculita exfoliada
 - 3.8.2.2 Perlita expandida
 - 3.8.2.3 Microesferas cerámicas huecas
 - 3.8.2.4 Microesferas de vidrio
 - 3.8.3 Agregados pétreos
 - 3.8.4 Agua
 - 3.8.5 Aditivos
 - 3.8.5.1 Acelerador de la resistencia
 - 3.8.5.2 Acelerador del fraguado y la resistencia

- 3.8.5.3 Retardador del fraguado
 - 3.8.5.4 Inclusor de aire
 - 3.8.5.5 Reductor de agua
 - 3.8.5.6 Reductor de agua normal y acelerador de resistencia:
 - 3.8.5.7 Reductor de agua normal y retardador de fraguado:
 - 3.8.5.8 Reductor de agua en alto grado
 - 3.8.5.9 Reductor de agua en alto grado y acelerador de resistencia
 - 3.8.5.10 Plastificante simple
 - 3.8.5.11 Plastificante y retardador del fraguado
 - 3.8.5.12 Puzolana (en forma de aditivo o como componente de un cemento Pórtland-Puzolana)
 - 3.8.5.13 Generador de expansión regulada (en forma de aditivo o como componente de un mortero redosificado en seco)
- 3.9 Cálculo de la dosificación de Concreto ligero con microesfera como agregado siguiendo el procedimiento del *American Concrete Institute*.
- 3.9.1 Consideraciones de Diseño
 - 3.9.2 Análisis granulométrico para agregados fino y grueso
 - 3.9.3 Requerimiento aproximado de agua para la mezcla, de acuerdo con el revenimiento, contenido de aire y graduación de los agregados disponible
 - 3.9.4 Selección de la relación Agua/Cementantes
 - 3.9.5 Contenido de Cementantes
 - 3.9.6 Cálculo del agregado grueso
 - 3.9.7 Cálculo de contenido de agregado fino
 - 3.9.8 Dosificaciones propuestas
 - 3.9.8.1 Dosificación 1 Sin aire incluido y alto revenimiento
 - 3.9.8.2 Dosificación 2 Con aire incluido y bajo revenimiento
 - 3.9.8.3 Dosificación 3 Con aire incluido y alto revenimiento
- 3.10 Propiedades del concreto en estado fresco
- 3.10.1 Homogeneidad y Uniformidad

- 3.10.2 Consistencia
- 3.10.3 Compacidad
- 3.11 Propiedades del concreto en estado endurecido
 - 3.11.1 Resistencia a la compresión simple
 - 3.11.2 Resistencia a la tensión indirecta
- 3.12 Conclusiones capitulares
- 3.13 Apéndices capitulares
 - 3.13.1 Valores de conductividad y resistividad térmica del concreto ligero y de sus materiales asociados
 - 3.13.2 Diagramas de fallas en cilindros sometidos a compresión
 - 3.13.3 Fichas técnicas de los aditivos empleados en las mezclas
 - 3.13.3.1 Pozzolith ® 322N
 - 3.13.3.2 Rheocell ® 15
 - 3.13.3.3 Fibermesh Fibers
 - 3.13.3.4 Rheocell Rheofill
- 3.14 Bibliografía capitular

Introducción Capitular

- a) **Objetivo capitular:** Obtención de las propiedades mecánicas de un concreto fabricado a base de microesfera como agregado.
- b) **Descripción:** En el presente capítulo se describe de una manera general como han ido evolucionando los diferentes tipos de concreto, hasta llegar a las propiedades mecánicas del concreto propuesto.
- c) **Técnicas y fuentes de información consultadas:**
Se consultó literatura especializada sobre tecnología del concreto, se complementó esta información con tesis relacionadas con el tema, artículos publicados en revistas e información obtenida en Internet.
- d) **Limitaciones:**
Pocos trabajos de investigación sobre este tema en español. Las características de los agregados que utilizaremos solo están disponibles en el extranjero.

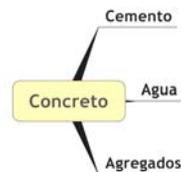
Desarrollo Capítular

3.1 Fundamentos

La innovación tecnológica se ha convertido en una de las más importantes fuentes de cambio en los mercados y también en la mejor herramienta para transformar ideas en proyectos que permitan mejorar y desarrollar nuevos productos para su aprovechamiento; y con ello hacer frente a los nuevos desafíos que presenta la Industria de la Construcción a nivel mundial. Un producto innovador puede implicar mejoras en el comportamiento de un sector mediante la incorporación de nuevos avances tecnológicos, aunque muchas veces estos avances supongan una ruptura con lo tradicional y con lo que ha sido utilizado tradicionalmente desde hace mucho tiempo.

3.2. Estado del Arte

El concreto ha evolucionado con el tiempo, desde el pegamento simple usado por nuestros antepasados en las pirámides hasta lo que es hoy; una gran industria que ha construido grandes obras de infraestructura. El concreto básicamente, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales:



Recientemente, se ha incorporado un cuarto componente al que llamaremos aditivo. Al mezclar estos componentes y producir una mezcla de concreto, se introduce un quinto participante, el aire. Si la mezcla no contiene un aditivo que lo incite, el aire se presenta en la mezcla, en forma de burbujas macroscópicas dispersas en la masa, que corresponden al aire atrapado cuya proporción no excede normalmente el 2% del volumen del concreto compactado, este último componente dependiendo de la utilización del concreto, es indeseable. La mezcla de los componentes antes mencionados produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada, perdiendo gradualmente esta característica hasta adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido mecánicamente resistente.

3.3. Reseña Histórica de los concretos

Las primeras culturas utilizaron lodo para edificar sus viviendas. Los romanos fueron los primeros en utilizar una especie de mortero de cemento, una mezcla de caliza que dio como resultado un concreto con propiedades aceptables, estas construcciones permanecieron en servicio hasta 1928⁶⁰. Pero fue hasta 1756 cuando el ingeniero británico *John Smeaton* descubrió el cemento hidráulico, utilizando marga calcinada de cal para la construcción del faro de *Eddingstone*.

El inglés *Joseph Aspin*⁶¹, patentó un cemento al que denominó Pórtland⁶². Esta patente consistía en una mezcla de piedra caliza y tierra arcillosa. Sin embargo, fue *Joseph Parker* quien elaboró una patente que describe con mayor detalle un material mucho más cercano a lo que conocemos como cemento Pórtland actual.

3.3.1 Concreto reforzado

*Wilkinson*⁶³ es considerado el primero en reforzar el concreto. En 1855 *Joseph Louis Lambot*⁶⁴ obtiene una patente para la fabricación de embarcaciones de concreto reforzado y en 1848 construye la embarcación de concreto reforzado más antigua. En 1867 *Monier* introdujo alambre al concreto para aumentar su resistencia. En 1877 *Hyatt*⁶⁵ publica algunos de sus ensayos sobre concreto reforzado. A principios del siglo XX surge el *boom* de la construcción utilizando concreto reforzado, mismo que es utilizado a la fecha.

3.3.2 Concreto Presforzado

En 1888 *Peter H. Jackson* y *Döring*⁶⁶ realizan estudios sobre el concreto Presforzado y obtienen patentes de sus investigaciones, donde, se explica que se puede aumentar la resistencia de placas y vigas por medio del pretensado de la

⁶⁰ Construcción de una línea de agua con concreto hidráulico realizada por los romanos siglos antes de Cristo

⁶¹ Se le considera el padre del cemento Pórtland moderno

⁶² Se le denomina cemento Pórtland por la semejanza que tienen los colores de este cemento con las rocas de la ciudad de *Portland*, Inglaterra.

⁶³ Utilizó una soga para reforzar una losa.

⁶⁴ En Francia, en 1848 *Lambot* construye la embarcación de concreto reforzada más antigua.

⁶⁵ Construyó en Londres una casa de concreto reforzado y estudió además su resistencia al fuego.

⁶⁶ Sus trabajos los realizó en Berlín.

armadura. En 1919, *Wettstein*⁶⁷ fabrica tableros pretensados con alambres de cuerda de piano.

“Una vez fraguado y endurecido el concreto, se tensa el refuerzo creándose la adherencia entre el refuerzo y el concreto inyectando morteros especiales (postensado). Dicho sistema se convierte en el fundamento para la construcción de estructuras de grandes claros.⁶⁸”

3.3.2.1. Pretensado

El término pretensado se usa para describir cualquier método de presforzado en el cual los tendones se estiran antes de colocar el concreto. Los tendones, que generalmente son de cable torcido con varios torones de varios alambres cada uno, se tensan entre apoyos que forman parte permanente de las instalaciones de la planta. Se mide el alargamiento de los tendones, así como la fuerza de tensión aplicada por los gatos.

3.3.2.2. Postensado

Contrario al pretensado, el postensado es un método de presforzado en el cual el tendón que va dentro de unos conductos es tensado después de que el concreto ha fraguado. Así el presfuerzo es casi siempre ejecutado externamente contra el concreto endurecido, y los tendones se anclan contra el concreto inmediatamente después del presforzado. Este método puede aplicarse tanto para elementos prefabricados como colados *in situ*.

3.3.2.3. Elementos pre y postensados

En ocasiones se desean aprovechar las ventajas de los elementos pretensados pero no existe suficiente capacidad en las mesas de colado para sostener el total del presfuerzo requerido por el diseño del elemento; en otras ocasiones, por las características particulares de la obra, resulta conveniente aplicar una parte del presfuerzo durante alguna etapa posterior a la fabricación. Al menos ante estas dos situaciones, es posible dejar ahogados ductos en el elemento pretensado

⁶⁷ Obtiene en 1922 una patente donde describe la ventaja de los alambres delgados, para su anclaje por adherencia

⁶⁸ GUZMÁN RAMÍREZ Mario, “Concreto de alta resistencia con componentes comunes de la Ciudad de México”, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería (Construcción), México DF, 1999, página 4.

para postensarlo después, ya sea en la planta, a pie de obra o montado en el sitio.

3.3.3 Concreto premezclado

En 1909 nació la industria del concreto premezclado⁶⁹, utilizando camiones de entrega que fueron equipados con agitadores para evitar el fraguado durante su traslado. Los primeros camiones fueron fabricados con el eje del tambor en sentido horizontal, estos diseños fueron mejorando con el tiempo y desde entonces la práctica de utilizar concreto premezclado ha crecido enormemente, ya que se controla con mayor detalle la calidad del concreto que si fuera directamente fabricado en obra.

3.3.4 Concreto prefabricado

Desde principios de siglo se buscó fabricar grandes estructuras de concreto para luego ser trasladadas a su lugar de colocación, su auge se vivió después de la destrucción provocada por la segunda guerra mundial, ya que se necesitó un plan de reconstrucción rápido. En la actualidad una gran cantidad de obras son construidas con elementos prefabricados, dichos elementos son diseñados y fabricados en grandes laboratorios, donde se cuidan sus características, garantizando las propiedades para las que fue diseñado. Este concreto plantea algunos inconvenientes, principalmente en su traslado, debido a que las vías de comunicación no fueron diseñadas para ser ocupadas por enormes grúas que transportan grandes elementos prefabricados.

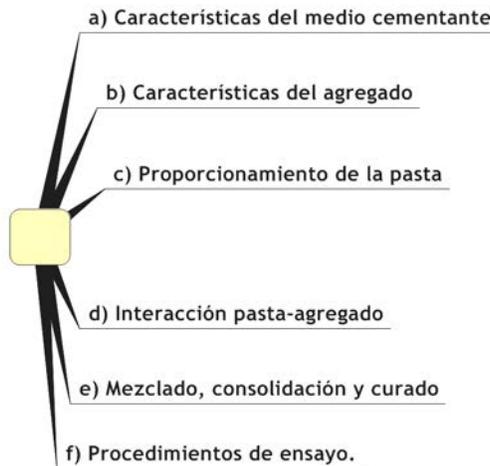
3.3.5 Concreto de alta resistencia

El concreto de alta resistencia es considerado un tipo particular de concreto de alto desempeño, ya que existen otras características, además de una alta resistencia, para que sea considerado de alto desempeño, otra característica importante puede ser una alta durabilidad. A principios del siglo XX fabricar un concreto de 150 kg./cm.² era considerado adecuado para las prácticas de esos tiempos. El *ACI* define al concreto de alta resistencia como:

“concretos con resistencia de diseño de 410 kg./cm² o mayores”

⁶⁹ La práctica de entregar concreto premezclado se originó en Baltimore.

El creciente desarrollo en las investigaciones de concretos en los últimos años ha abierto una nueva ventana en la utilización de diferentes componentes. Este tipo de concretos puede obtenerse mediante la optimización de varios factores:



Debido al notable incremento en la resistencia que el concreto ha alcanzado en la actualidad, ha permitido competir progresivamente con el acero en la construcción de grandes edificios. El empleo del concreto como material base en las estructuras de los edificios altos se ha incrementado notablemente en los últimos años. El principal factor que ha permitido esta evolución ha sido el incremento en las características mecánicas del mismo.

3.3.6 Concreto lanzado

El ACI⁷⁰ define el concreto lanzado como:

“un mortero o concreto transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a alta velocidad sobre una superficie. Dicha superficie puede ser concreto, piedra, terreno natural, mampostería, acero, madera, poliestireno, etc.”

A diferencia del concreto convencional, que se coloca y luego se compacta o se vibra en una segunda operación, el concreto lanzado se coloca y se compacta al mismo tiempo, debido a la fuerza con que se proyecta desde la boquilla. Si la mezcla que se va a lanzar cuenta sólo con agregados finos, se le llama mortero lanzado, y si los agregados son gruesos se le denomina concreto lanzado. El concreto lanzado con agregado fino es conocido como *gunite*, y cuando incluye agregado grueso, se le llama *shotcrete*.

3.3.7 Concreto ligero

El concreto ligero se fabrica mediante el empleo de agregados ligeros en la mezcla. El concreto ligero ha sido usado principalmente donde la carga muerta es un factor importante y el concreto de peso normal es muy pesado para ser utilizado en estas estructuras. El concreto ligero es un material apropiado para la construcción de puentes de trabe cajón, debido a que las propiedades físicas de los agregados ligeros son diferentes. Sin embargo, los procedimientos de diseño son idénticos. El concreto ligero ha sido particularmente útil en estructuras de varios niveles, donde se requieren peraltes mínimos y la ubicación para las columnas está limitada, en puentes altos donde la carga muerta de la superestructura requiere columnas y estribos excesivamente grandes para resistir las fuerzas sísmicas. El peso reducido de este tipo de concreto minimiza la cantidad de acero de refuerzo en la superestructura, y de concreto y acero de refuerzo en la subestructura, al grado que, el ahorro en los materiales pueda contrarrestar el costo más elevado de los agregados ligeros. La deformación del concreto es dependiente del tiempo debido al flujo plástico y a la contracción, es de importancia crucial en el diseño de estructuras de concreto presforzado, debido a que estos cambios volumétricos producen una pérdida en la fuerza pretensora y debido a que ellos producen cambios significativos en la deflexión.

3.4 Evolución de los Concretos ligeros

Parecería que la construcción utilizando concretos ligeros es nueva, sin embargo su uso se remonta a fines del siglo XIX en Estados Unidos y en Inglaterra principalmente. Se fabricó empleando escoria de hulla como agregado y con aire encapsulado. Su empleo no se limitó a viviendas de interés social, también se utilizó en edificios y monumentos.⁷¹ Se sabe también que los romanos utilizaron con frecuencia una forma de concreto ligero en sus construcciones.⁷² En 1930, la escoria espumosa de los altos hornos se introdujo en Inglaterra y desde entonces ha sido utilizada como agregado ligero. El concreto a base de espuma se utilizaba en el Reino Unido, principalmente en la fabricación de bloques para muros que

⁷⁰ *American Concrete Institute*

⁷¹ Museo británico terminado en 1907.

no fueran de carga. Paralelamente al desarrollo del concreto de agregado ligero, se fue generando un proceso similar con el concreto aireado, produciéndose por primera vez concreto aireado con bomba generadora de espuma en 1929, en Suecia. Su empleo se destino exclusivamente a la fabricación de bloques. En 1950 se introdujo el concreto aireado para elementos de carga en Inglaterra, se fabricó con escoria de termoeléctricas a base de carbón, su gran aceptación hizo que la demanda de este material creciera, acabando con los depósitos existentes que había de polvo de ceniza. A raíz de esto se implementó el concreto ligero a base de espumas jabonosas que permitieron el encapsulamiento del aire. Durante la segunda guerra mundial, se agotaron las reservas de piedra pómez en Alemania, las industrias productoras de bloques y precolados sufrieron una gran crisis debido al desabasto de este material, por lo tanto, la producción de agregados a base de espuma tuvo una gran aceptación. El auge del concreto ligero se vivió en Estados Unidos, debido principalmente a una reducción en los costos de transporte, que implicaba transportar estructuras más ligeras por grandes distancias para llegar a los sitios de las obras. El desarrollo de nuevos tipos de concretos ligeros, como el celular, y el uso creciente de estos materiales en la Industria de la Construcción se ve reflejado, y al mismo tiempo alentado, por el trabajo de muchos investigadores a lo largo del todo el mundo. En Gran Bretaña, la *Building Research Station* inició una serie de estudios experimentales sobre la manufactura y propiedades del concreto celular y de otros agregados de peso ligero, logrando el uso de nuevos tipos de agregados fabricados con las cenizas de polvos combustibles, cuyo desecho era un problema para las plantas termoeléctricas. En Estados Unidos el *National Bureau of Standards*, realizó investigaciones sobre las propiedades de un gran número de agregados de peso ligero. Dichas investigaciones fueron seguidas por los laboratorios de la *Portland Cement Association*, de Chicago, en donde otros investigadores realizaron programas de investigación sobre la aplicación estructural de estos materiales. A ellos se unieron también otros investigadores que trabajaron en laboratorios de varias universidades en Estados Unidos. Estos investigadores se ocuparon

⁷² Cúpula de 44 metros de diámetro del panteón en Roma. Construida en el siglo II D.C.

principalmente de estudiar el comportamiento de varios tipos de concretos con agregados de peso ligero. En Alemania las investigaciones se han concentrado principalmente en los concretos aireados espumosos o celulares. Entre los que destacan el Instituto de Investigaciones de la Industria del Cemento en *Düsseldorf* y el Instituto de Investigación de las Escorias en *Rheinhausen*. El desarrollo del concreto celular en Latinoamérica ha alcanzado un buen nivel de aceptación y de producción, ejemplo de ello ha sido el auge adquirido de los concretos celulares para la fabricación de muros aislantes térmicos y acústicos en viviendas.

3.5 Clasificación de los concretos ligeros

Se conocen tres métodos para producir concreto ligero.

1. Utilizando agregado ligero poroso de baja densidad relativa aparente, en lugar de un agregado normal que tiene una densidad promedio de 2,600 Kg./m³. El concreto producido se conoce como concreto fabricado con agregado ligero
2. Incitando grandes oquedades dentro del concreto o de la masa de mortero. Estas oquedades deben distinguirse claramente de las cavidades muy finas producidas por la inclusión de aire. Se conoce como concreto aireado, celular, espumoso o gasificado.
3. Prescindir de la utilización de agregado fino en el concreto, de manera que queden en ella grandes oquedades intersticiales. Por lo general se emplea agregado grueso de peso normal. Este concreto se conoce como concreto sin finos.

La disminución de la densidad se obtiene en cada caso gracias a la presencia de oquedades, ya sea en el agregado, en el mortero o en los intersticios entre las partículas gruesas. La presencia de estas oquedades reduce la resistencia del concreto ligero, en comparación con el concreto normal. El concreto ligero también puede ser clasificado de acuerdo con el uso que se le va a dar, se distingue entre el concreto ligero estructural y el concreto empleado en muros divisorios con fines de aislamiento y similares. Según la norma ASTM C 330-77, el concreto estructural ligero debe tener una resistencia a la compresión, medida

en un cilindro estándar a los 28 días, de no menos de 176 Kg./cm². La densidad de dicho concreto, determinada en estado seco, no debe exceder de 1850 Kg./m³ y normalmente debe estar entre 1400 Kg./m³ y 1800 Kg./m³. El concreto que se utiliza como aislante térmico y acústico tiene generalmente una densidad menor de 800 Kg./m³ y una resistencia que va desde los 7 Kg./cm² y llega hasta los 70 Kg./cm². La característica principal del concreto que se utiliza como aislante térmico es su coeficiente de conductividad térmica, que debe estar por debajo de 0.31J/ m² s °C/m.

3.6 Características del concreto ligero

3.6.1 Aislamiento térmico

La diferencia de temperatura entre el exterior y el interior de un lugar provoca una transmisión de calor de la zona más caliente a la más fría, de manera que se produce una diferencia progresiva de la temperatura a través del espesor del muro divisorio. Cualquier muro que separe estas zonas ofrecerá una cierta resistencia al flujo de calor a través de ella, pero no lo impedirá al 100%. El aislamiento térmico puede considerarse como el coeficiente de resistencia a la transmisión del calor. Una de las principales características que se le reconocen al concreto ligero es el valor relativamente alto del aislamiento térmico que posee, aislamiento que se vuelve mayor o menor en razón inversa a la densidad del material. La mayor parte de los materiales inorgánicos que se utilizan en la construcción tienen una composición química muy semejante, la cuál consiste principalmente en una mezcla de silicatos, razón por la que su densidad real y su conductividad térmica son muy parecidas. Las diferencias, tanto en la densidad aparente de los concretos, como en su conductividad térmica efectiva, provienen de sus respectivas porosidades.

“El flujo de calor o transferencia de calor por unidad de área q''_x (W/ m²) es la velocidad con que se transfiere el calor en la dirección x por área unitaria perpendicular a la dirección de transferencia, y es proporcional al gradiente de temperatura, dT/dx en esta dirección. La constante de proporcionalidad,

k es una propiedad de transporte conocida como conductividad térmica y es una característica del material de la pared"⁷³.

$$q''_x = -k \, dT/dx$$

3.6.2 Resistencia al fuego

A los materiales los han clasificado como materiales combustibles y materiales no combustibles, siendo los materiales combustibles aquellos materiales que una vez encendidos contribuyen a la intensidad del fuego produciendo calor, mientras que los materiales no combustibles no lo hacen. El objetivo principal cuando se diseña con protección contra el fuego consiste en asegurar que una vez que un incendio se haya iniciado, la rapidez con la cuál se extenderá el fuego y la dirección de propagación serán tan limitadas que permitirán dar tiempo suficiente para que los usuarios puedan escapar y para que el equipo de rescate y de extinción de incendios actúe efectivamente evitando que el fuego alcance una magnitud que ocasione daños irreparables o que se extienda a las propiedades vecinas. Un miembro estructural en un edificio es un miembro definido tal como un muro, columna o viga. La columna trabaja solamente como un elemento de soporte, mientras que un muro de carga sirve para el doble propósito de soportar la carga encima de él y como una barrera contra la propagación del fuego. El efecto del fuego en un elemento estructural de un edificio depende de la temperatura alcanzada, de la duración del fuego y de la naturaleza de las unidades, así como de su resistencia intrínseca al fuego.

3.6.3 Aislamiento acústico

Los ruidos molestos se pueden evitar por la represión del sonido en su fuente de origen. Los cada vez más usados equipos productores de ruidos, tales como los aparatos reproductores de audio y video utilizados frecuentemente en las viviendas y la proximidad de las habitaciones en las zonas más populares, hacen no solo indispensable el aislamiento del ruido, sino más difícil. El aislamiento del ruido es más que el simple hecho de prever una barrera aislante tal como una pared divisoria, por el hecho de que el ruido se transmite en muchas formas

⁷³ INCROPERA Frank, DEWITT David, *"Fundamentos de transferencia de calor"*, Prentice Hall, México 1999, Cuarta Edición, página 4.

distintas a la transferencia a través de una membrana. El sonido es una forma de energía y como tal se le puede medir objetivamente con instrumentos físicos. El factor de reducción de sonido es la relación de la energía del sonido en su origen a la energía del mismo en cualquier otro lugar, y se expresa en decibeles (*dB*). Al considerar el abatimiento del sonido dentro de los edificios, lo más importante está centrado en la reducción de los niveles de sonido, para lo cuál se requiere tener un criterio determinado, ya sea en términos de niveles de ruido residuales o de reducción de ruido simplemente. Al tratar sobre las propiedades acústicas de los materiales de construcción debe tomarse en consideración que no existe un solo valor de aislamiento que sea válido para todo el límite de frecuencia audible. La transmisión del sonido a través de un muro puede ser tolerable a una cierta frecuencia pero intolerable a otra. Casi todas las estructuras proporcionan un mejor aislamiento a las frecuencias altas, que a las bajas, y los mayores huecos son generalmente mejores para altas frecuencias, que los muros sólidos.

3.7 Propiedades del concreto ligero

3.7.1 Densidad y resistencia a la compresión

La densidad del concreto ligero seco compactado debe estar entre los 1,200 Kg./m³ y los 2,000 kg./m³ con resistencias a compresión en cubos de 5 centímetros que van desde los 70 kg./ cm². a los 300 kg./ cm². Sin embargo, la relación entre la resistencia en cubos y la densidad, varía considerablemente para concretos hechos con diferentes tipos de agregado.

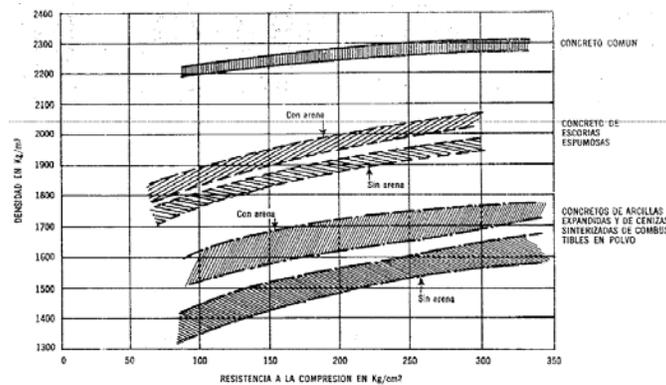


Figura 17 Relación entre la resistencia al aplastamiento en la compresión en cubos y la densidad de varios tipos de concretos superficialmente secos a los 28 días

Cuando añadimos arena como agregado a las mezclas de concreto ligero, se incrementa considerablemente su densidad y su resistencia a la compresión. El efecto del incremento de este tipo de agregado, sobre la relación entre la resistencia a la compresión y la densidad se muestra en la siguiente gráfica

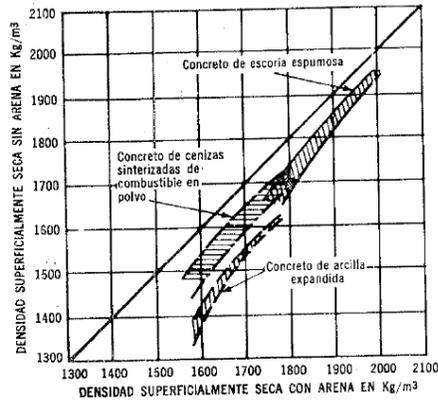


Figura 18. Efecto que produce en la densidad superficialmente seca de los concretos ligeros, la substitución de la mitad del agregado ligero fino por arena, para una misma resistencia a la compresión en cubos

3.7.2 Resistencia a la tensión y modulo de ruptura

Para determinar la resistencia a la tensión y el modulo de ruptura del concreto se han adoptado pruebas en cubos y en cilindros para establecer un índice de la resistencia a la tensión del concreto, pero ninguno ha sido enteramente apropiado. El modulo de ruptura representa el esfuerzo de tensión al cuál los prismas normales de concreto de 10 centímetros por 10 centímetros por 40 centímetros se rompen al someterse a una prueba de flexión. Aunque ésta es una medida útil de la resistencia a la tensión, el módulo de ruptura es generalmente más alto que esta última, puesto que el módulo de ruptura incluye el efecto del flujo plástico del concreto bajo esfuerzos de tensión, antes de que se presente la falla, aún cuando hayan sido sujetos a pruebas de carga de corta duración. Los momentos flexionantes que causan la falla, son por lo tanto, algo mayores que el momento flexionante al que hubieran podido resistir los elementos si la falla hubiera sido a la resistencia de tensión real del concreto. La prueba de partición de los cilindros mejor conocida como la prueba brasileña ha sido usada recientemente para determinar la resistencia a la tensión del concreto.

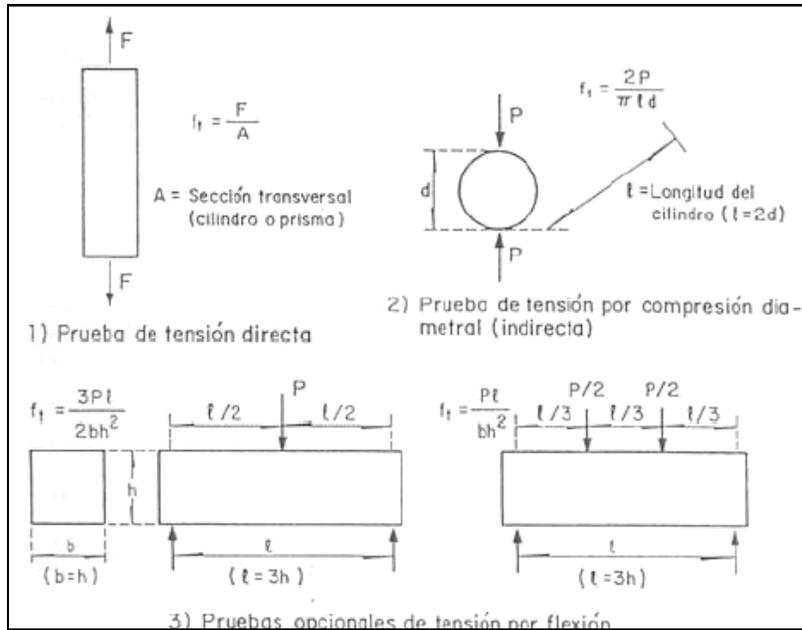


Figura 19 Representación esquemática de los procedimientos usuales para determinar la resistencia a tensión del concreto

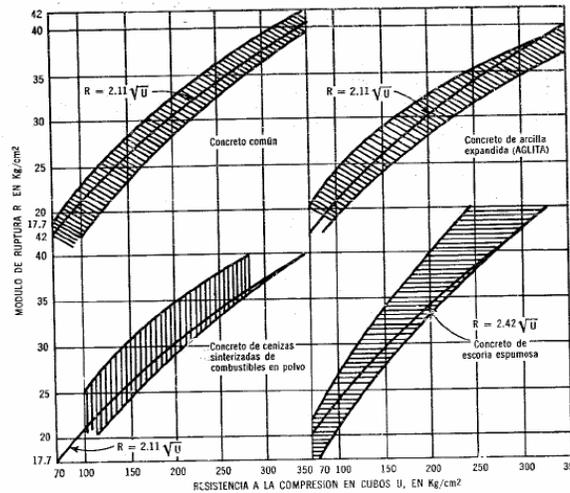


Figura 20. Límites de las relaciones entre la resistencia a la compresión en cubos y el módulo de ruptura, para diversos tipos de concretos

3.7.3 Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad del concreto ligero es en general, considerablemente menor, que el del concreto convencional. El módulo de elasticidad tiene especial importancia para la construcción de elementos con concreto ligero tipo estructural a causa de su efecto sobre las deformaciones en los miembros sometidos a flexión, sobre la distribución de los esfuerzos internos en la sección transversal de los miembros a compresión y sobre la carga crítica en el caso de

miembros con probabilidades de falla debido a inestabilidad elástica, donde el menor valor de la elasticidad en el concreto ligero tiene una influencia negativa.

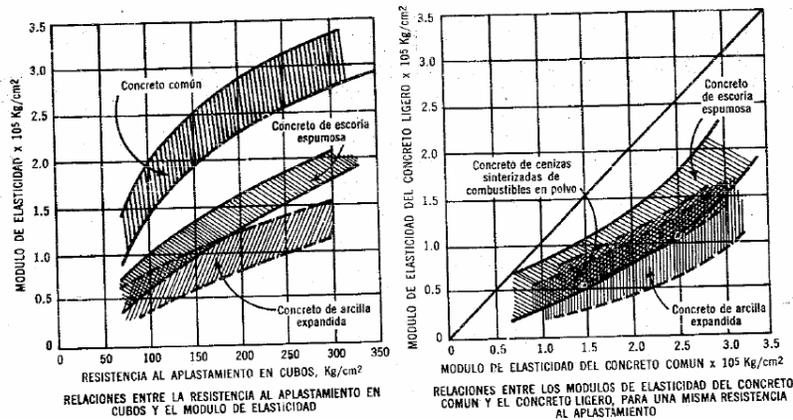


Figura 20. Módulo de elasticidad de diferentes tipos de concreto

3.7.4 Flujo plástico

Para la misma resistencia a la compresión, tanto el encogimiento como el flujo plástico de la mayor parte de los concretos de peso ligero son generalmente mayores que aquellos en el concreto común. El resultado de las pruebas de flujo plástico en agregados de concretos comunes y ligeros con una resistencia a la compresión en cubos de 210 Kg./cm² a 350 Kg./cm² a los 28 días, indican que para una duración menor de un año de carga, algunos agregados de arcilla, esquistos y pizarras expandidas pueden tener un flujo plástico menor que el del concreto común. Al aumentar la duración de la carga, el flujo plástico del concreto ligero tiende a aumentar a una velocidad mayor que la del concreto común.

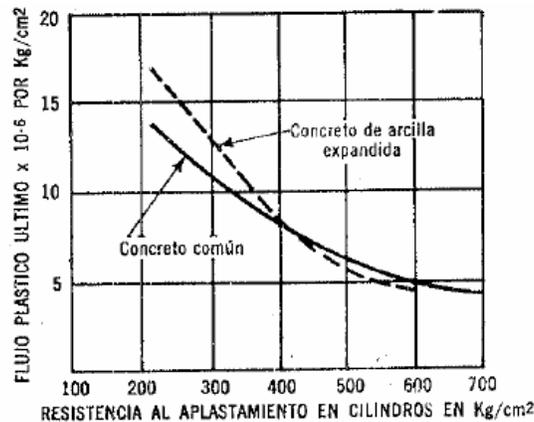


Figura 21. Efecto de la resistencia al aplastamiento en el flujo plástico último del concreto común y del concreto ligero, cargados a los siete días (Prueba de Schideler)

3.8 Componentes del concreto ligero

Al igual que el concreto convencional, el concreto ligero es una mezcla de agregados y pasta. La pasta estará conformada por un material cementante y agua.

3.8.1 Cementantes

Los cementos Pórtland son cementos hidráulicos que están formados principalmente de silicatos de calcio.

Nombre del Componente	Composición del Oxido	Abreviación
(Alita) Silicato tricálcico 40-60%	$3CaO.SiO_2$	C ₃ S
(Belita) Silicato dicálcico 20-30%	$2CaO.SiO_2$	C ₂ S
(Celita) Aluminato tricálcico 7-14%	$3CaO.Al_2O_3$	C ₃ A
(Ferrita) Ferroaluminato tetracálcico 5-12%	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	C ₄ AF

Figura 21. Componentes del Cemento Pórtland⁷⁴

En México se producen cementos reglamentados bajo la norma NMX-C-414-ONNCE-2003. En el extranjero se fabrican bajo la norma ASTM C-150.

Tipo	Nombre	Clase Resistente	Características Especiales
CPO	Cemento Pórtland Ordinario	20	Resistente a los sulfatos (RS)
CPP	Cemento Pórtland Puzolánico	30	Baja Reactividad Alkali-Agregado
TPEG	Cemento Pórtland con escoria granulada de alto horno	30 R	Bajo Calor de Hidratación
CPC	Cemento Pórtland Compuesto	40	Blanco
CPS	Cemento Pórtland con Humo de Sílice	40 R	----
CEG	Cemento con Escoria granulada de alto horno	-----	-----

Figura 22. Clasificación de los cementos mexicanos⁷⁵

3.8.2 Agregados ligeros

Ciertos tipos de agregados son bastante apropiados para la elaboración de concretos de muy baja densidad y de baja conductividad térmica.

⁷⁴ MUÑIZ RODRÍGUEZ José Guadalupe, "Caracterización de concretos de baja resistencia en vivienda de interés social", Tesis para obtener el grado de maestro en Ingeniería, Facultad de Ingeniería, UNAM, México 2006.

3.8.2.1 Vermiculita exfoliada

La vermiculita cruda es un mineral micáceo y, como tal, tiene una estructura laminar. Cuando se calienta se expande debido a la deslaminación en forma muy semejante a como lo hace la pizarra. Para obtener el producto exfoliado, el mineral crudo es secado hasta llegar a un 3% de humedad y a una temperatura entre 100°C y 120°C, siendo después triturado y cribado. La densidad de este agregado depende de las condiciones de calentamiento como de su clasificación granulométrica, mientras que las propiedades del concreto reflejan no solo la densidad de los agregados y las proporciones de la mezcla, sino también los métodos de mezclar los ingredientes.

Densidad del concreto superficialmente seco (Kg/m ³)	Resistencia a la compresión (Kg./cm ²)	Contracción por secado %	Conductividad térmica K (k.cal/m.h.°C)
368	8.8	0.346	0.120
464	20.4	0.471	0.127
576	33.0	0.425	0.175
673	41.0	0.396	0.193

Tabla 23. Propiedades del concreto fabricado con vermiculita

3.8.2.2 Perlita expandida

La perlita es uno de los cristales volcánicos naturales y por tanto, está relacionado con el pómez. Sin embargo no tiene una estructura física como la del pómez, sino que es una roca densa, cristalina y que tiene cepas concéntricas. Cuando la roca triturada se calienta directamente sobre las llamas hasta su punto de fusión aproximadamente 1800°C, se expande en ocasiones con decrepitación, formando un material celular ligero cuya densidad oscila entre 64 Kg/m³ y 180 Kg/m³. En la práctica es triturado a un tamaño graduado cuidadosamente y después se le somete a un calentamiento rápido en un horno especialmente diseñado que permite tener un control cuidadoso de la temperatura y del tiempo de horneado. Este calentamiento produce cambios físicos y químicos que originan la formación de oquedades minúsculas que, a su vez crean la expansión y la estructura celular, dando así la ligereza y el gran poder de aislamiento del agregado.

⁷⁵ FUENTE: NMX-C-414-ONNCE-2003

Densidad del agregado (Kg/m ³)	Densidad del concreto superficialmente seco (Kg./m ³)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	Conductividad térmica (kcal/m.h °C)
80 - 320	320	7.0	0.074
	400	14.1	0.083
	480	21.8	0.095
	560	34.4	0.113
	640	48.5	0.134
	720	64.6	0.158
	800	85.8	0.184

Tabla 24 Propiedades del concreto ligero fabricado con perlita expandida

3.8.2.3 Microesferas cerámicas huecas



Las microesferas cerámicas huecas, también llamadas cenosferas, son microesferas de silicato huecas e inertes usadas primordialmente para reducir el peso de plásticos, hules, resinas, etc.

Sus beneficios incluyen el relleno de huecos y mejora de la reología, que son directamente atribuidos a la forma esférica natural del material. Sus características principales son su peso ligero y su fácil fluidez.

3.8.2.4 Microesferas de vidrio

Las microesferas de vidrio de 3M™ *Scotchlite™ Glass Bubbles* son partículas cuyas principales características son su perfecta forma esférica, dureza, ligereza y baja densidad.

- Su forma esférica. Permiten un arreglo ideal, para llenar vacíos.
- Son huecas. Aportan al concreto la ligereza necesaria, sin provocar vacíos importantes en el mismo, ya que los huecos están confinados por las paredes de las microesferas.
- Alta Resistencia. Dado su tamaño, podemos encontrar resistencias desde 250 hasta 10,000 libras por pulgada cuadrada.
- Baja densidad. Las microesferas se encuentran con densidades desde 100 kg/m³, hasta 700 Kg./m³.

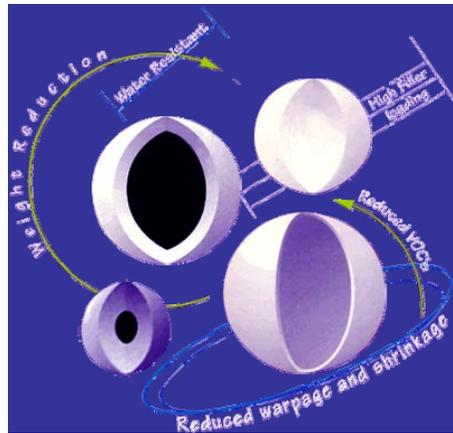


Figura 25 Estructura de las microesferas de vidrio 3M

3.8.3 Agregados pétreos

Los agregados finos y gruesos ocupan generalmente entre el 60% y el 80% del volumen del concreto. La calidad de estos materiales incide en la resistencia, y la durabilidad del concreto. Los agregados que son empleados para la fabricación del concreto deben tener propiedades que satisfagan su óptima relación con los otros materiales que se emplearan. En el agregado fino nos interesará conocer su análisis granulométrico que estará en función del tamaño máximo del agregado grueso. La granulometría del agregado fino deberá estar siempre dentro de los límites de la norma ASTM C-33. Nos interesará conocer también el modulo de finura de los agregados conforme a la norma ASTM C-125 donde se sumarán los porcentajes acumulados en peso de los agregados retenidos en una serie de mallas. El módulo de finura es un índice de la finura del agregado, entre mayor sea el módulo de finura, más grueso será el agregado en cuestión. Así mismo es importante conocer el contenido de humedad que presentan los agregados y se debe determinar mediante las normas ASTM C-70, C-127, C-128 Y C-566 de manera que podamos controlar el contenido de agua en el concreto.

3.8.4 Agua

El agua que se emplee para el mezclado deberá ser limpia y cumplir con los requisitos que plantea la norma NMX-C-122. No deberá contener sustancias en solución o en suspensión que la enturbien o que le produzcan olor o color. Las impurezas excesivas en el agua pueden afectar el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y la durabilidad.

3.8.5 Aditivos

Como habíamos mencionado, los componentes básicos del concreto son: el cemento, el agua y los agregados. Cualquier otro componente que se incluya en su elaboración deberá ser considerado como un aditivo. Sin embargo, las puzolanas y las escorias no se consideran aditivos, cuando forman parte de un cemento Pórtland-Puzolana o Pórtland-escoria, tampoco los polímeros o las fibras de refuerzo debido a que dan origen a concretos que no se consideran convencionales. Por lo anterior, resulta válida la definición propuesta por el Comité ACI 116(26), donde se menciona que:

“un aditivo es un material distinto del agua, los agregados, el cemento hidráulico y las fibras de refuerzo, que se utiliza como ingrediente del mortero o del concreto, y que se añade a la revoltura inmediatamente antes o durante el mezclado⁷⁶”.

De acuerdo a la definición anterior, un material sólo puede considerarse como aditivo cuando se incorpora individualmente al concreto, es decir, si se ejerce un control sobre su dosificación. De esta manera, las puzolanas y las escorias solamente son aditivos si se les maneja y administra por separado del cemento Pórtland. Lo anterior solo es una cuestión de forma, ya que cualitativamente sus efectos son los mismos que si se administran por conducto del cemento.

“Los aditivos para concreto se utilizan con el propósito fundamental de modificar convenientemente el comportamiento del concreto en estado fresco, y/o de inducir o mejorar determinadas propiedades deseables en el concreto endurecido⁷⁷”.

Se recomienda que se utilicen los aditivos en el concreto, como un medio complementario y no como un sustituto de otras propiedades fundamentales, como el uso de un cemento apropiado o una mezcla de concreto bien diseñada.

Los aditivos no sólo modifican las propiedades del concreto en estado fresco o endurecido, también se utilizan por economía, para ahorrar energía y porque existen casos donde el empleo de un aditivo puede ser el único medio factible para obtener el resultado requerido. Los principales efectos que se persiguen con el uso de los aditivos, son los que a continuación se mencionan para ambos estados del concreto.

⁷⁶ COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, “Manual de Tecnología del Concreto”, Sección 1, Editorial Limusa-Noriega Editores, Primera Preedición, México 1994.

⁷⁷ *Ibíd.*

3.8.5.1. Acelerador de la resistencia: Incrementa la velocidad en el desarrollo inicial de la resistencia mecánica del concreto. Anticipa el descimbrado y puesta en servicio de la estructura. Reduce el tiempo de producción necesario para evitar la congelación del concreto recién colocado en condiciones de baja temperatura.

3.8.5.2. Acelerador del fraguado y la resistencia: Incrementa el fraguado del concreto, presenta una rápida evolución de la resistencia. Es un buen auxiliar en la aplicación de concreto lanzado. Ayuda a sellar filtraciones de agua con y sin presión, empleando pasta de cemento.

3.8.5.3 Retardador del fraguado: Incrementa el tiempo del fraguado del concreto, en forma controlada. Anula los efectos de las altas temperaturas, para obtener un tiempo de fraguado normal del concreto en climas cálidos. Ayuda a disponer de mayor tiempo para la colocación y compactación del concreto colocado en grandes masas, o en condiciones de lenta colocación.

3.8.5.4 Inclusor de aire: Forma un sistema de vacíos en el seno del concreto, constituido por burbujas microscópicas, con dispersión y granulometrías adecuadas. Contribuye a dar protección al concreto endurecido contra los efectos de la congelación y el deshielo cíclicos. Mejora la trabajabilidad y reduce el sangrado de las mezclas de concreto con deficiencia de finos en la arena y bajo contenido de cemento.

3.8.5.5. Reductor de agua: Reduce cuando menos el 5% del requerimiento de agua de mezclado del concreto. Reduce la relación agua/cemento para incrementar la resistencia mecánica. Aumenta el revenimiento del concreto sin afectar su resistencia. Disminuye el consumo unitario de cemento en el concreto, sin afectar su resistencia.

3.8.5.6. Reductor de agua normal y acelerador de resistencia: Combina los efectos de un aditivo acelerador de la resistencia y de un aditivo reductor de agua.

3.8.5.7 Reductor de agua normal y retardador de fraguado: Combina los efectos de un aditivo retardador de fraguado y de un aditivo reductor de agua.

3.8.5.8 Reductor de agua en alto grado: Reduce cuando menos el 12% del requerimiento de agua de mezclado del concreto. Permite alcanzar resistencias muy altas en el concreto endurecido. Permite fabricar mezclas de concreto de muy alto revenimiento sin afectar su resistencia.

3.8.5.9. Reductor de agua en alto grado y acelerador de resistencia: Combina los efectos de un aditivo acelerador de la resistencia y de un aditivo reductor de agua en alto grado.

3.8.5.10. Plastificante simple: Aumenta en por lo menos 9 centímetros el revenimiento de las mezclas de concreto conservando su naturaleza cohesiva. Produce mezclas de concreto fluido (revenimiento de 19 centímetros o más) que no segregan, no requieren compactación, y no afectan su resistencia.

3.8.5.11. Plastificante y retardador del fraguado: Combina los efectos de un aditivo retardador del fraguado y de un aditivo plastificante simple.

3.8.5.12. Puzolana (en forma de aditivo o como componente de un cemento Pórtland-Puzolana): Reacciona con el hidróxido de calcio que libera el cemento al hidratarse. Protege al concreto de la lixiviación de la cal y aumenta la resistencia del concreto contra el ataque de los sulfatos. Reduce la permeabilidad intrínseca de la pasta de cemento hidratada. Disminuye la generación de calor de hidratación en el interior del concreto.

3.8.5.13. Generador de expansión regulada (en forma de aditivo o como componente de un mortero redosificado en seco): Produce en el mortero una expansión justa para compensar la contracción natural que produce durante el secado. Evita la contracción en los morteros para empaque de pernos de anclaje, cimentación, de equipo, y otros usos similares. Ayuda a fabricar concretos para reparación de estructuras de concreto, ayuda a evitar la contracción.

El gran incremento en la cantidad substancias o productos con los que se fabrican, hacen que cualquier intento de inventario de aditivos pierda actualidad con rapidez. Sin embargo, identificándolos por sus efectos, los aditivos pueden ser clasificados en 6 grupos:

1. Acelerantes
2. Incluidores de aire

3. Reductores de agua y reguladores de fraguado
4. Minerales finamente divididos
5. Para producir concreto fluido
6. Misceláneos

3.9 Cálculo de la Dosificación de Concreto ligero con microesfera como agregado siguiendo el procedimiento de ACI.⁷⁸

3.9.1 Consideraciones de Diseño:

- Obtener un concreto con peso volumétrico de 1,500 kg/m³ a 1,900 kg/m³
- Se considerará un $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$
- El revenimiento deberá estar entre 15 a 18 cm.
- Dependiendo del uso al que se destine el concreto se realizarán dos análisis.
 1. concreto con aire incluido
 2. concreto sin aire incluido

3.9.2 Análisis granulométrico para agregados fino y grueso

PRUEBAS FÍSICAS DE AGREGADO FINO			
Descripción:	ANDESITA, arena color gris clara		
Procedencia:	Barrientos, Estado de México		
Conceptos			
Granulometría	Peso (gr.)	%	Pasa acum.
			100.00
retenido malla #4	280.6	9.35	90.65
pasa por malla #4	2719.4	90.65	0.00
Suma	3000	100.00	
retenido malla #4	436.5	14.55	85.45
retenido malla #8	490.2	16.34	69.11
retenido malla #16	530.2	17.67	51.44
retenido malla #30	452.9	15.10	36.34
retenido malla #50	350.1	11.67	24.67
retenido malla #100	344.3	11.48	13.19
pasa por malla #100	395.8	13.19	0.00
Suma	3000	100.00	280.20
módulo de finura	2.80200		

⁷⁸ Tablas para dosificación obtenidas de la tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería (Construcción) de MUÑIZ RODRÍGUEZ José Guadalupe, "Caracterización de concretos de baja resistencia en vivienda de interés social", Facultad de Ingeniería, UNAM, México 2006.

Factibilidad Técnica de un Concreto fabricado a base de Microesfera

	Pss (gr)	V (cm ³)	D (gr/cm ³)
densidad (gr/cm ³)	500	213.5	2.342

	Ps (gr)	Pss-Ps	Abs. (%)
absorción (%)	468.4	34.1	7.28

	Ps (gr)	PI	PxL
Pasa malla # 200 lavado (%)	1000	798.3	20.17

materia orgánica	N/A		
------------------	-----	--	--

	P(kg)	V (m ³)	P.V.S.S.
peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)	10.025	0.00668	1500.75

	P(kg)	V (m ³)	P.V.S.C.
peso volumétrico seco compactado (kg/m ³)	12.3	0.00668	1841.31737

examen petrográfico	N/A		
---------------------	-----	--	--

	Ps (gr)	Pss-Ps	Hum. (%)
Humedad (%)	968	41.2	4.26

PRUEBAS FÍSICAS DE AGREGADO GRUESO			
Descripción:	GRAVA ANDESITA, color gris		
Procedencia:	Barrientos, Estado de México.		
Conceptos			
Granulometría	Peso (gr.)	%	Pasa acum.
			100.00
retenido malla #4		0.00	100.00
pasa por malla #4	3000	100.00	0.00
Suma	3000	100.00	
retenido malla 1"	55.00	1.83	98.17
retenido malla 3/4"	212.50	7.08	91.08
retenido malla 1/2"	365.30	12.18	78.91
retenido malla 3/8"	865.80	28.86	50.05
retenido malla 1/4"	1065.90	35.53	14.52
retenido malla #4	359.40	11.98	2.54
pasa por malla #4	76.10	2.54	0.00
Suma	3000	100.00	335.26
módulo de finura	3.35257		

	Pss (gr)	V (cm ³)	D (gr/cm ³)
densidad (gr/cm ³)	1000	435	2.29885057

Factibilidad Técnica de un Concreto fabricado a base de Microesfera

	Ps (gr)	Pss-Ps	Abs. (%)
Absorción (%)	1000	38	3.80

	P(kg)	V (m ³)	P.V.S.S.
peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)	8.95	0.00668	1339.82

	P(kg)	V (m ³)	P.V.S.C.
peso volumétrico seco compactado (kg/m ³)	9.55	0.00668	1429.64072

examen petrográfico	N/A
---------------------	-----

	Ps (gr)	Pss-Ps	Hum. (%)
Humedad (%)	988.4	12	1.21

AGREGADO	
Material Andesita	
Modulo de finura	2.8
Densidad (gr/cm ³)	2.342
Absorción (%)	7.28
Humedad (%)	4.26
Pasa malla # 200	20.17
P.V.S.S. (kg/m ³)	1500.75
P.V.S.C. (kg/m ³)	1841.31737

Contenido de materia orgánica = N/A

3.9.3 Requerimiento aproximado de agua para la mezcla, de acuerdo con el revenimiento, contenido de aire y graduación de los agregados disponibles

1. Selección del revenimiento

Agua, kg/m ³ de concreto para los tamaños máximos nominales indicados de los agregados								
Revenimiento, cm	10*	13*	20*	25*	38*	50+	75+ +	150+ +
Concreto sin aire incluido								
2.5 a 5	208	199	190	179	166	154	130	113
7.5 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15 a 17.5	243	228	216	202	190	178	160	-
Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin aire incluido, por ciento	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
2.5 a 5	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 a 10	202	193	184	175	165	157	133	119
15 a 17.5	216	205	197	184	174	166	154	-
Promedios recomendados de contenido total de aire, porcentaje para diferentes grados de								

Figura 26. Tabla para selección de revenimiento

Tipos de construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo ^a	Mínimo
Cimentaciones reforzadas, muros y zapatas	7.5	2.5
Zapatas simples, estribos y muros de subestructura	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas de edificios	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5

Figura 27. Tabla para selección de revenimiento según tipo de construcción

Cálculo de agua de mezclado

- REV = 15 a 17.5 cm
- T.M.A. = ½ (13 mm)

Agua de mezclado aproximada para diferentes revenimientos, tamaños máximos nominales de agregados y requerimientos de aire incluido para diferentes condiciones de exposición.

Agua, kg/m ³ de concreto para los tamaños máximos nominales indicados de los agregados								
Revenimiento, cm	10*	13*	20*	25*	38*	50+	75+ +	150+ +
Concreto sin aire incluido								
2.5 a 5	208	199	190	179	166	154	130	113
7.5 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15 a 17.5	243	228	216	202	190	178	160	-
Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin aire incluido, por ciento	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
2.5 a 5	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 a 10	202	193	184	175	165	157	133	119
15 a 17.5	216	205	197	184	174	166	154	-
Promedios recomendados de contenido total de aire, porcentaje para diferentes grados de exposición:								
Baja exposición	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5***	1.0***
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5***	3.0***
Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5***	4.0***

* Las cantidades de agua de mezclado que se dan para concreto con aire incluido, se basan en los requerimientos típicos de contenido de aire como se indica para "exposición moderada" en la tabla que antecede.

+ Los valores de revenimiento para el concreto que contiene agregado mayor de 38 mm, están basados en pruebas de revenimiento hechas después de remover las partículas mayores de 38 mm, por medio de cribado húmedo.

** Para concreto que contiene agregados grandes que serán cribados con humedad en una criba de 38 mm antes de la prueba del contenido de aire, el porcentaje de aire esperado en el material de menos de 38 mm deberá ser el tabulado en la columna de 38 mm. Sin embargo, los cálculos iniciales de proporcionamiento deberán incluir el contenido de aire como un porcentaje del total.

+ + Cuando se utilice agregado grande en concreto de bajo factor cemento, el aire incluido no necesita ser perjudicial a la resistencia. En la mayoría de los casos, el requerimiento del agua de mezclado es suficientemente reducido para mejorar la relación agua/cemento y así compensar el efecto de reducción de la resistencia del concreto con aire incluido. Por lo tanto y generalmente, para estos tamaños máximos nominales de agregado, deberán considerarse los contenidos de aire recomendados para una exposición extrema, aunque pueda haber poca o ninguna exposición a la humedad y al congelamiento.

Figura 28. Tabla para selección de agua de mezclado.

De la tabla anterior

	Agua en kg/m ³
Concreto SIN aire incluido	228
Concreto con aire incluido	205

3.9.4 Selección de la relación Agua/Cementantes

Para una resistencia a la compresión a los 28 días de 15 MPa (aproximadamente 150 kg/cm²)

Resistencia a la compresión a 28 días (MPa) ^a	Relación agua-cemento, por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
40	0.42	-
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.60
15	0.79	0.70

^a Los valores son resistencias promedio estimadas para concreto que contiene no más del porcentaje de aire marcado en la tabla 9-2. Para una relación constante de agua-cementante, la resistencia del concreto se reduce en cuanto el contenido de aire se aumenta. La resistencia está basada en cilindros de 15 x 30 cm curados con humedad a los 28 días a (23 ± 1.7 °C) de acuerdo con la Sección 9(b) del ASTM C 31, para *Making and Curing Concrete Compression and Flexure and Test Specimens in the Field*.
Fuente: Reproducido con autorización del American Concrete Institute.

Figura 29. Tabla para relación agua/cemento

Concreto SIN aire incluido

- A/C = 0.79

Concreto con aire incluido

- A/C = 0.70

Exposición	Sulfato * soluble en agua (SO ₄) en el suelo, por ciento	Sulfato * (SO ₄) en el agua, ppm	Cemento	Relación agua/cemento, máxima ⁻
Baja	0.00 - 0.10	0 - 150	-	-
Moderada ⁺	0.10 - 0.20	150 - 1500	Tipo II, IP (MS), IS ⁺⁺ (MS)	0.50
Severa	0.20 - 2.00	1500 - 10,000	Tipo V ⁺⁺⁺	0.45
Muy severa	Arriba de 2.0	Arriba de 10,000	Tipo V ⁺ puzolana o escoria ^{**}	0.45

* El sulfato indicado como SO₄ se refiere al sulfato indicado como SO₃, como se registra en los informes de análisis químicos de cemento en que SO₃ x 1.2 = SO₄
⁺ Cuando los cloruros u otros agentes despasivantes están presentes además del sulfato, una relación más baja de agua-cemento puede ser necesaria para reducir la corrosión potencial de los elementos empotrados. Ver el capítulo 4.
⁺⁺ O una mezcla de cemento Tipo I y una escoria granulada o una puzolana que ha sido determinada por pruebas que puede dar la resistencia equivalente a los sulfatos.
⁺⁺⁺ O una mezcla del cemento Tipo II y una escoria granulada o una puzolana que ha sido determinada por pruebas que puede dar la resistencia equivalente a los sulfatos.
^{**} Use una puzolana o escoria que ha sido determinada por pruebas que puede mejorar la resistencia a los sulfatos cuando se use en concreto que contiene cemento Tipo V.
 Fuente: ACI Committee 201, Guide to Durable Concrete, *ACI Materials Jour.*, Vol. 88, No. 5, pág. 553, 1991.

Figura 30. Tabla para selección de la relación agua/cemento máxima

3.9.5 Contenido de Cementantes

- Para Concreto SIN aire incluido

$$C = \frac{\text{Agua}}{0.79}; \quad C = \frac{228}{0.79}; \quad C = 288.6 \text{ kg}$$

- Para Concreto con aire incluido

$$C = \frac{\text{Agua}}{0.70}; \quad C = \frac{205}{0.70}; \quad C = 292.86 \text{ kg}$$

3.9.6 Cálculo del agregado grueso

Con el tamaño máximo del agregado y el modulo de finura se estima el volumen de agregado grueso varillado en seco que se requerirá por unidad de volumen de concreto utilizando la siguiente tabla.

Tamaño máximo del agregado (mm)	Volumen de agregado ^a grueso varillado en seco por unidad de volumen de concreto para distintos módulos de finura de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
10	0.50	0.48	0.46	0.44
13	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
38	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

^a Los volúmenes están basados en agregados en condición de varillado en seco como se describe en el ASTM C 29, Unit Weight of Aggregate. Estos volúmenes son seleccionados a partir de relaciones empíricas para producir concreto con un grado de trabajabilidad adecuado para construcciones usuales reforzadas. Para concreto menos trabajable, como el requerido para la construcción de pavimentos, pueden incrementarse en aproximadamente 10 por ciento. Para concreto más trabajable tal como el que se puede necesitar algunas veces cuando su colocación se realiza por bombeo, los volúmenes pueden reducirse hasta en 10 por ciento.
Fuente: Reproducido con autorización del American Concrete Institute.

Figura 31. Tabla para calcular el volumen del agregado grueso

Volumen del agregado grueso = 0.55 m³

3.9.7 Cálculo de contenido de agregado fino

- Método del peso
- Método de volumen absoluto

Debido a que el agregado fino se divide en dos tipos de materiales; arena y microesfera k1 (100 Kg./m³) la dosificación se realizó mediante un método

interactivo hasta obtener las cantidades correspondientes para la elaboración de 1 m³ de concreto

3.9.8 Dosificaciones propuestas

Las dosificaciones de concreto ligero estarán compuestas de los siguientes materiales:

- Cementantes
 - Cemento
 - Fly Ash
 - Microsilice
- Agregados
 - Arena Andesita
 - Grava Andesita
 - Microesfera K-1
- Agua
- Aditivos⁷⁹
 - Pozzolith 322 N
 - Rheomac WMA
 - Glenium 3400
 - Rheocell 15

3.9.8.1 Dosificación 1 “sin aire incluido y alto revenimiento”

Cantidad para fabricar 1 m³

Total de los cementantes	288.6	Kg.
--------------------------	-------	-----

Cementantes	% de los cementantes	Cantidad en kg.
Cemento	85	245.31
Fly ash	10	28.86
Microsilice	5	14.43
Total	100	288.6

⁷⁹ Agradezco al Ing. Fernando García Ayala de BASF la aportación de todos los aditivos para la realización de este trabajo de investigación.

Factibilidad Técnica de un Concreto fabricado a base de Microesfera

Total de los agregados	1083.4	Kg
------------------------	--------	----

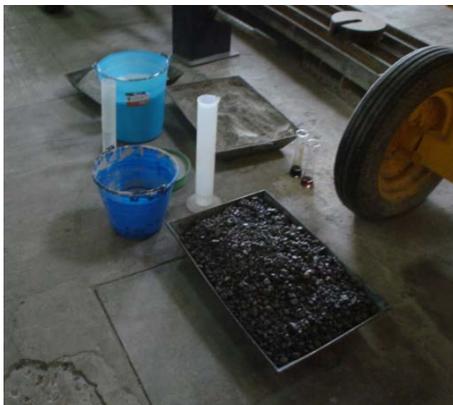
Agregados	% de los agregados	Cantidad en kg.
K1	1.67	18.09278
Arena	30.83	334.01222
Grava	67.5	731.295
Total	100	1083.4

Total del agua y aditivos	228	Litros
---------------------------	-----	--------

Agua y aditivos	%	Cantidad en litros
Agua	100	228
Pozzolith 322n	-	0
Rheomac VMA	-	0
Glenium 3400	-	0
Rheocell 15	-	0
Total	100	228

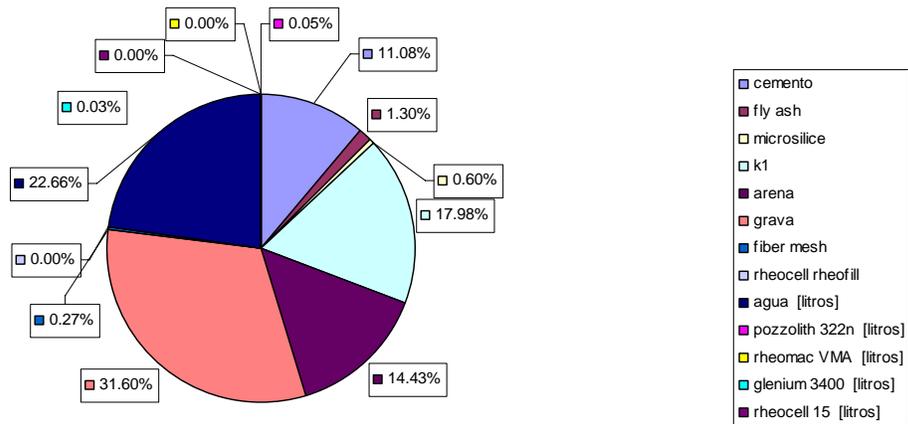
Resumen

MATERIAL	cantidad kg.	volumen m ³
Cemento	245.310	0.1115
Fly ash	28.860	0.0131
Microsilice	14.430	0.0060
K1	18.093	0.1809
Arena	334.012	0.1452
Grava	731.295	0.3180
Fiber mesh	0.8	0.0027
Rheocell rheofill	-	-
Agua [litros]	228	0.2280
Pozzolith 322n [litros]	0.56277	0.0005
Rheomac VMA [litros]	-	0.0000
Glenium 3400 [litros]	0.37518	0.0003
Rheocell 15 [litros]	-	0.0000



Factibilidad Técnica de un Concreto fabricado a base de Microesfera

Porcentaje de los materiales que integran la mezcla 1 "sin aire y alto revenimiento"



Peso total de la mezcla	1600 kg	Densidad esperada de la mezcla
Volumen total de la mezcla	1.002740079 m ³	1595.627853 kg/m ³

	% en peso	% en volumen
Cementantes	18.0375	13.02782545
Agregados	67.7125	64.23447765
Agua y aditivos	14.25	22.7376969
	100	100

3.9.8.2 Dosificación 2 "con aire incluido y bajo revenimiento"

Cantidad para fabricar 1 m³

Total de los cementantes	292.86	Kg
--------------------------	--------	----

Cementantes	% de los cementantes	Cantidad en kg
Cemento	85	248.931
Fly ash	10	29.286
Microsilice	5	14.643
Motal	100	292.86

Total de los agregados	1102.14	Kg
------------------------	---------	----

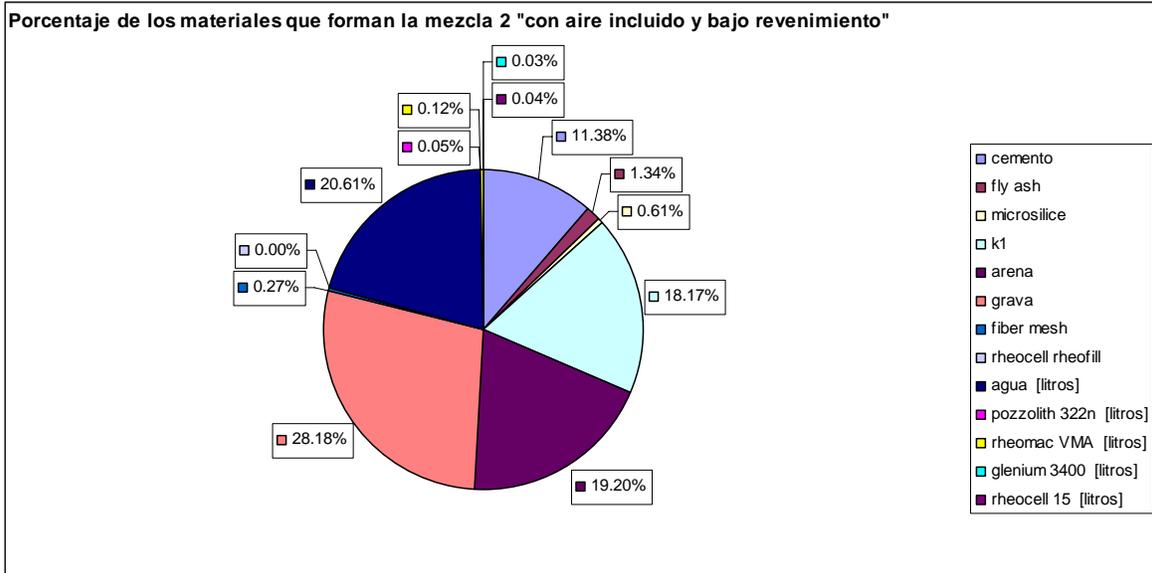
Agregados	% de los agregados	cantidad en kg
K1	1.64	18.075096
Arena	39.86	439.313004
Grava	58.5	644.7519
Total	100	1102.14

Total del agua y aditivos	205	Litros
---------------------------	-----	--------

Agua y aditivos	%	cantidad en litros
Agua	100	205
Pozzolith 322n		0
Rheomac VMA		0
Glenium 3400		0
Rheocell 15		0
Total	100	205

Resumen

MATERIAL	cantidad kg	volumen m ³
Cemento	248.931	0.11315045
Fly ash	29.286	0.01331182
Microsilice	14.643	0.00610125
K1	18.075	0.18075096
Arena	439.313	0.19100565
Grava	644.752	0.28032691
Fiber mesh	0.8	0.00266667
Rheocell rheofill	0.001	0.00000667
Agua [litros]	205	0.20500000
Pozzolith 322n [litros]	0.571077	0.00047590
Rheomac VMA [litros]	1.4643	0.00122025
Glenium 3400 [litros]	0.380718	0.00031727
Rheocell 15 [litros]	0.29286	0.00036608



Peso total de la mezcla	1600 kg	Densidad esperada de la mezcla
Volumen total de la mezcla	0.98964705 m ³	1616.738008 kg/m ³

	% en peso	% en volumen
Cementantes	18.30375	13.39503036
Agregados	68.88375	65.89051391
Agua y aditivos	12.8125	20.71445573
	100	100



3.9.8.3 Dosificación 3 "con aire incluido y alto revenimiento"

Cantidad para fabricar 1 m³

Total de los cementantes	330.43	Kg.
--------------------------	--------	-----

Cementantes	% de los cementantes	Cantidad en kg.
Cemento	85	280.8655
Fly ash	10	33.043
Microsilice	5	16.5215
Total	100	330.43

Total de los agregados	1241.57	Kg.
------------------------	---------	-----

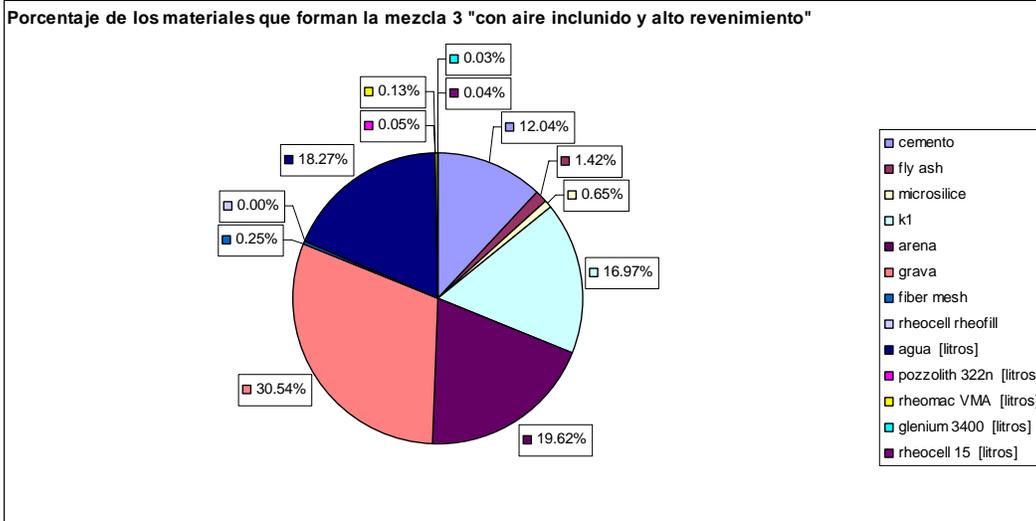
Agregados	% de los agregados	cantidad en kg.
K1	1.45	18.002765
Arena	38.55	478.625235
Grava	60	744.942
Total	100	1241.57

Total del agua y aditivos	193.75	Litros
---------------------------	--------	--------

Agua y aditivos	%	Cantidad en litros
Agua	100	193.75
Pozzoloth 322n	-	0
Rheomac VMA	-	0
Glenium 3400	-	0
Rheocell 15	-	0
Total	100	193.75

Resumen

MATERIAL	cantidad kg	volumen m ³
Cemento	280.866	0.12766614
Fly ash	33.043	0.01501955
Microsilice	16.522	0.00688396
K1	18.003	0.18002765
Arena	478.625	0.20809793
Grava	744.942	0.32388783
Fiber mesh	0.8	0.00266667
Rheocell rheofill	0.001	0.00000667
Agua [litros]	193.75	0.19375000
Pozzolith 322n [litros]	0.6443385	0.00053695
Rheomac VMA [litros]	1.65215	0.00137679
Glenium 3400 [litros]	0.429559	0.00035797
Rheocell 15 [litros]	0.33043	0.00041304



Peso total de la mezcla	1765.75 kg.	Densidad esperada de la mezcla
Volumen total de la mezcla	1.055333044 m ³	1673.168493 kg/m ³

	% en peso	% en volumen
Cementantes	18.71329463	14.172743
Agregados	70.31403087	67.46812374
Agua y aditivos	10.9726745	18.35913326
	100	100



3.10 Propiedades del concreto en estado fresco

“El muestreo consiste en obtener una porción representativa del volumen de concreto fresco, tal y como es entregado en la obra, llevándose a cabo inmediatamente después del proceso de descarga del tambor de la mezcladora o del vehículo de transportación. El muestreo incluye además las operaciones de envasado, llenado de los moldes, identificación y transporte de las muestras.”⁸⁰

El concreto en estado fresco es un material en el que continuamente cambian sus propiedades. Tales cambios se presentan desde que comienza su fabricación.



3.10.1 Homogeneidad y Uniformidad

Para que un concreto pueda ser considerado como un concreto trabajable será necesario que conserve su homogeneidad desde su fabricación hasta que quede colocado en la cimbra.

Determinación	Ensaye ASTM	Diferencia Máxima NMX C - 155 (ASTM C - 143)
Masa Volumétrica (Kg. /m ³)	C - 138	16
Contenido de aire (%)	C - 231 C - 173	1
Consistencia (Revenimiento, cm.) Promedio menor de 5 cm. Promedio entre 6 y 10 cm. Promedio entre 10 y 15 cm. Promedio mayor de 15 cm.	NMX C - 143	± 1.5 ± 2.5 ± 3.5 ± 3.5
Resistencia promedio a compresión a 7 días, basada en el promedio de las resistencias de todas las muestras comparativas ensayadas, %.	C - 31 C - 39	7.5

Figura 32. Tabla de los requisitos de homogeneidad del Concreto

⁸⁰ Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Métodos de muestreo y pruebas de materiales, M-MMP-2-02-055-04, México 2004.

3.10.2 Consistencia

El objetivo de la prueba es determinar la consistencia del concreto en estado fresco, con tamaño máximo de agregado de hasta 2 pulgadas. La prueba consiste en colocar una muestra de concreto fresco en un molde cónico truncado, midiendo la disminución en la altura del cono de concreto una vez que el molde es retirado. La prueba de revenimiento empleada para medir la consistencia está reglamentada por la norma ASTM C-143. El esfuerzo requerido para compactar el concreto está marcado por sus características de flujo y la facilidad con la que se puede lograr la reducción de vacíos sin destruir la estabilidad bajo presión. La estabilidad la conocemos como un índice de la capacidad de retención de agua como de la retención del agregado grueso de una mezcla de concreto plástico. La pérdida de revenimiento es la pérdida de la consistencia en un concreto fresco con el tiempo transcurrido.



1



2



3

	Dosificación 1	Dosificación 2	Dosificación 3
Revenimiento	25 cm.	5 cm.	20 cm.
Temperatura en estado fresco	21°	21°	21°
Densidad propuesta en kg/m ³	1595.63	1616.74	1673.17
Densidad en estado fresco kg/m ³	1900	1800	1480.73

Figura 32. Tabla de resultados de revenimientos obtenidos en las mezclas fabricadas

3.10.3 Compacidad

En cuanto el concreto queda en reposo, después de colocarlo y compactarlo dentro de la cimbra, comienza un proceso mediante el cual los componentes con mayor densidad (cemento y agregados) tienden a descender en tanto que el agua, componente menos denso, tiende a subir. A estos fenómenos simultáneos se les llama respectivamente asentamiento y sangrado, y cuando se producen en exceso se les considera indeseables porque provocan cierta estratificación en la masa de concreto, según la cual se forma en la superficie superior una capa menos resistente y durable por su mayor concentración de agua. Los principales

factores que influyen en el asentamiento y el sangrado del concreto son de orden intrínseco, y se relacionan con el exceso de fluidez en las mezclas, características deficientes de forma, textura superficial y granulometría en los agregados (particularmente falta de finos en la arena) y reducido consumo unitario y/o baja finura en el cementante. El sangrado del concreto es el desarrollo de una lámina de agua en la superficie del concreto recién colocado que es provocado por la sedimentación de las partículas sólidas de los cementantes, los agregados y simultáneamente el ascenso del agua hacia la superficie. El sangrado cuando no es excesivo, es normal y no disminuye la calidad del concreto. Ninguna de las tres mezclas fabricadas presentó segregación o sangrado excesivo. El sangrado observado en las mezclas fue mínimo.

3.11 Propiedades del concreto en estado endurecido

La resistencia mecánica que desarrollará el concreto dependerá de la resistencia individual de los agregados y de la pasta de cemento endurecida, así como de la adherencia que se produzca con todo el conjunto de materiales que conforman el concreto.

3.11.1 Resistencia a la compresión simple ($f'c$)

La determinación de la resistencia a la compresión simple en los cilindros está reglamentada por la norma ASTM C - 39. La resistencia a la compresión simple es la medida de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. La calidad del concreto en estado endurecido se verificará mediante pruebas de resistencia a compresión en cilindros elaborados, curados y probados de acuerdo con las normas NMX-C-160 y NMX-C-83 (ASTM C 192 y ASTM C 39 respectivamente).



	Dosificación 1	Dosificación 2	Dosificación 3
Días	f'c (Kg./cm ²)	f'c (Kg./cm ²)	f'c (Kg./cm ²)
3	75.00	147.13	22.00
7	102.43	176.71	34.00
14	136.64	196.36	56.67
28	175.34	221.20	72.53

Figura 33. Tabla de resultados de ensayos a compresión

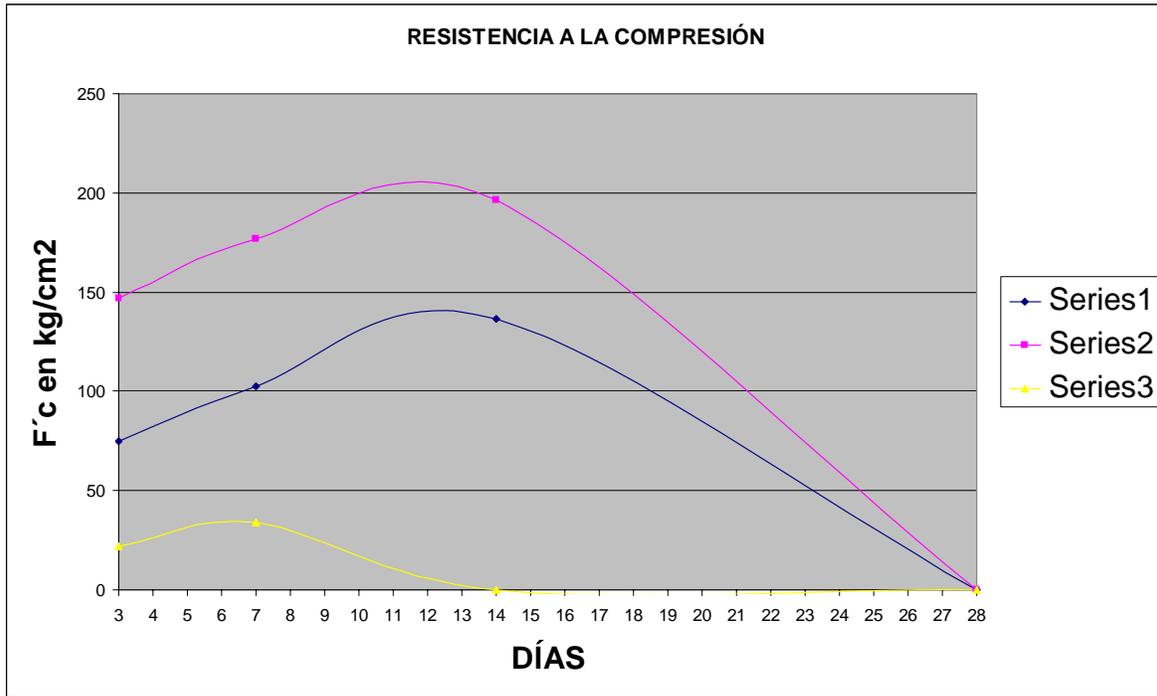


Figura 34. Representación gráfica del comportamiento de los cilindros bajo las pruebas de resistencia a compresión

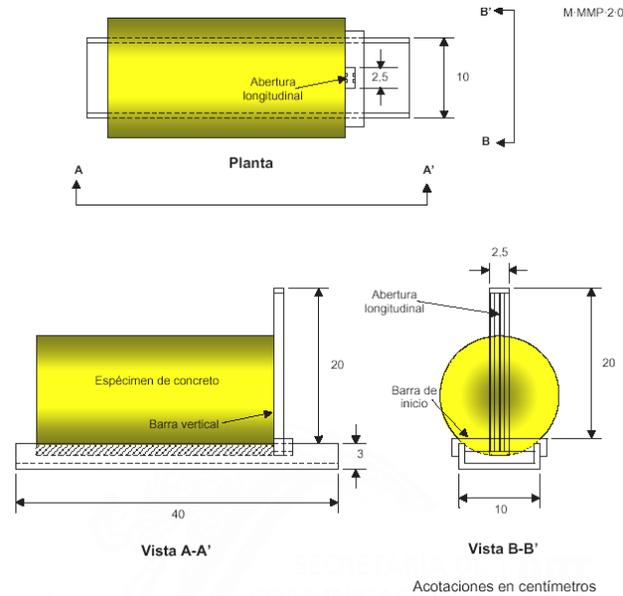
3.11.2 Resistencia a la tensión indirecta

La determinación de la resistencia a la tensión indirecta está reglamentada por la norma ASTM C - 496.



Esta prueba permitirá determinar la resistencia a la tensión del concreto hidráulico mediante la compresión diametral en especímenes cilíndricos.

Dispositivo para trazar líneas diametrales⁸¹



Tiras para distribuir la carga: De madera (triplay), neopreno o similar, sin imperfecciones, con una longitud igual a la del cilindro de concreto o mayor, de 25 milímetros de ancho por 3 milímetros de espesor. Estas tiras se colocaran entre el espécimen y las platinas inferior y superior de carga de la máquina de prueba, o entre el cilindro y las barras o placas suplementarias. Las tiras para distribución de carga se desechan después de cada prueba.

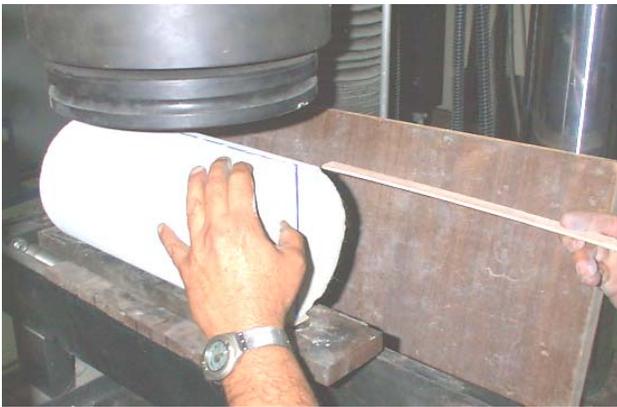
Preparación de los especímenes



⁸¹ Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Métodos de muestreo y pruebas de materiales, M-MMP-2-02-059-04, México 2004.

En cada extremo del espécimen se dibuja una línea diametral que servirá como referencia, verificando que las líneas se dibujen sobre el mismo plano axial. Se determina el diámetro del espécimen de prueba que se registra como d , con aproximación de 1 milímetro, calculándolo como el promedio de tres diámetros, medidos cerca de los extremos y al centro del cilindro. Se determina la longitud del cilindro, que se registra como l , con aproximación de 1 milímetro, calculándola como el promedio de por lo menos dos medidas tomadas en el plano, que contienen las líneas marcadas en los extremos.

Procedimiento de la prueba



Una de las tiras de carga se centra sobre la platina inferior, se coloca el cilindro en posición horizontal sobre la tira y se alinea, de forma tal que las líneas marcadas sobre los extremos estén verticales y centradas con relación a las tiras.

Posteriormente la segunda tira de carga se coloca longitudinalmente sobre el cilindro, centrándola también con relación a las líneas marcadas en los extremos.

Cálculos y resultados

$$T = \frac{20 P}{\pi l d}$$

T = Resistencia a la tensión por compresión diametral (MPa)

P = Carga máxima aplicada (kN)

L = Longitud promedio del espécimen (cm.)

D = diámetro promedio del espécimen (cm.)

	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3
P (KN)	1,359.2	1,783.4	737.25
T (MPa)	19.23	25.23	10.43

Figura 35. Tabla de resultados de resistencia a tensión indirecta

3.12 Conclusiones capitulares

Hasta hace poco tiempo el concreto ligero era asociado exclusivamente como un material de carácter poroso, no compactado y con muy baja resistencia, por lo que su uso se destinaba exclusivamente para la construcción de muros divisorios sin carga. No obstante ahora, los elementos que sean fabricados con concreto ligero pueden ser usados inclusive como elementos de carga donde el surgimiento de nuevos tipos de agregados artificiales de peso ligero han hecho posible la fabricación de concretos ligeros con gran resistencia, y con características que han permitido que inclusive sea adecuado para trabajo estructural.

Estos avances tecnológicos que se han tenido en los últimos años en la producción de agregados artificiales ligeros han alentado en muchos casos la utilización del concreto con agregados de peso ligero, en lugar del concreto premezclado común, especialmente cuando la reducción de peso es una consideración importante para el diseño de una estructura o cuando el aislamiento acústico y térmico son características deseables en algunos tipos de estructuras.

Los agregados usualmente utilizados para fabricar concreto reforzado deben ser capaces de producir un concreto que sea fuerte y capaz de obtener una compactación satisfactoria; el concreto debe ser durable y estar libre de agentes dañinos que provoquen efectos adversos posteriores debido a que la presencia del acero de refuerzo en el concreto impone ciertas restricciones en la selección del agregado.

El concreto fabricado con agregados de peso ligero puede usarse ventajosamente para reemplazar al concreto común en muchos casos; por ejemplo, para miembros estructurales de carga, ya sean precolados o colados *in situ*, y debido a su gran aislamiento térmico, con frecuencia se usa un concreto con agregado de peso ligero para losas de azoteas, donde es particularmente importante tener un peso reducido.

Las ventajas que se han ido descubriendo poco a poco en los concretos ligeros empiezan a superar a sus desventajas, la producción de agregados ligeros

artificiales han permitido que los concretos ligeros sean aptos para nuevas aplicaciones, por lo que existe una fuerte tendencia en la Industria de la Construcción a emplear día a día más los concretos ligeros, así como a probarlo en nuevas aplicaciones, incluyendo concreto presforzados, edificios altos y en losas.

Los concretos fabricados para este trabajo de investigación han demostrado la factibilidad técnica que tiene el concreto ligero que ha sido fabricado en la Facultad de Ingeniería a raíz de la participación en el Concurso de Canoas de Concreto en el 2002; y que desde entonces ha desarrollado un auge en los alumnos de generaciones posteriores para desarrollar concretos ligeros con características cada día mejores.

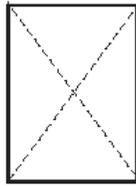
Las características de las tres mezclas fabricadas y probadas han superado en algunos casos la resistencia esperada de 150 kg./cm^2 e inclusive han superado la resistencia que marca la Norma para concreto ligero estructural que es de 175 Kg./cm^2 . En el siguiente capítulo estudiaremos si estos concretos pueden ser económicamente viables para que sean aplicados a la industria de la construcción de nuestro país.

3.13 Apéndices capitulares

3.13.1 Valores de conductividad y resistividad térmica del concreto ligero y de sus materiales asociados

Tipo de concreto	Densidad Kg./m ³ .	Valor de k, k. cal./m. h. °C.	Valor de 1/k, m. h. °C./k. cal.
Escoria de hulla (clinker)	1200	0.31	3.23
	1520	0.50	2.00
	1680	0.56	1.78
Escoria espumosa	1000	0.25	4.00
	1280	0.30	3.33
Arcilla expandida	720	0.17	5.89
	960	0.24	4.16
	1200	0.29	3.45
Cenizas sinterizadas de combustibles en polvo	1200	0.29	3.45
Pómez	720	0.16	6.25
	1120	0.25	4.00
	1200	0.29	3.45
Vermiculita	576	0.14	7.15
	770	0.19	5.26
Perlita	480	0.10	10.00
	800	0.19	5.26
Concreto aireado	320	0.072	13.88
	480	0.093	10.75
	640	0.124	8.06
	800	0.17	5.89
	960	0.22	4.55
Concreto sin finos (con grava)	1760	0.72	1.39
	1840	0.81	1.24
Concreto sin finos (con escoria de hulla)	1280	0.40	2.50
	1440	0.48	2.07
Concreto compacto	2320	1.24	0.81
Tabique de barro cocido	1600	1.17	0.89
Material de peso ligero para enlucidos	448	0.10	10.00
	480	0.11	9.09
	640	0.16	6.25
	770	0.17	5.89
	900	0.22	4.55
Yeso compacto para enlucidos	1600	1.00	1.00

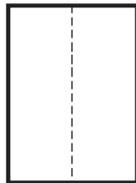
3.13.2 Diagrama de fallas en cilindros sometidos a compresión⁸²



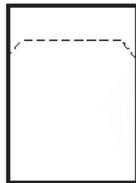
1.- Se presenta cuando se logra una carga de compresión bien aplicada sobre un espécimen de prueba bien preparado.



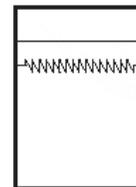
2.- Se presenta comúnmente cuando las caras de aplicación de carga se encuentran en el límite de tolerancia especificada en la Cláusula G. de esta Norma o existiendo ésta.



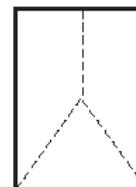
3.- Se presenta en especímenes que presentan una superficie de carga convexa y deficiencia del material de cabeceo; también por concavidad del plato de cabeceo o convexidad en una de las placas de carga.



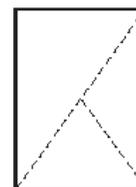
4.- Se presenta en especímenes que presentan una cara de aplicación de carga cóncava y por deficiencias del material de cabeceo; también por concavidad de una de las placas de carga.



5.- Se presenta cuando se producen concentraciones de esfuerzos en puntos sobresalientes de las caras de aplicación de carga y deficiencia del material de cabeceo o por rugosidades en el plato cabeceador o por deformación de la placa de carga.



6.- Se presenta en especímenes que presentan una cara de aplicación de carga convexa y deficiencias del material de cabeceo o rugosidades del plato cabeceador.



7.- Se presenta cuando las caras de aplicación de carga del espécimen están ligeramente fuera de las tolerancias de paralelismo establecidas o por ligeras desviaciones en el centrado del espécimen con respecto al eje de carga de la máquina.

⁸² Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Métodos de muestreo y pruebas de materiales, M-MMP-2-02-058-04, México 2004.

3.13.3 Fichas Técnicas de los aditivos empleados en las mezclas⁸³

3.13.3.1 Pozzolith ®322N



The Chemical Company

POZZOLITH® 322N

Aditivo reductor de agua para hormigón

USOS RECOMENDADOS

- Hormigón pretensado y prefabricado
- Hormigón reforzado
- Shotcrete vía húmeda
- Hormigón ligero y de peso normal
- Hormigón bombeado

DESCRIPCION

POZZOLITH 322N es un aditivo líquido listo para usarse y obtener un hormigón más uniforme y de calidad predecible

VENTAJAS

Cumple con la especificación ASTM C 494 para aditivos reductores de agua tipo A.

- Durabilidad relativa al daño por los ciclos de congelación y deshielo muy superior a estándares de la Industria.
- Reduce el contenido de agua requerido para una manejabilidad determinada
- Características de fraguado normales
- Menor segregación
- Características de terminación superiores para superficies planas y encofradas.

APLICACION

Dosificación

El rango de dosificación recomendado para el POZZOLITH® 322 N es de 0,23 a 0,6 % en peso del cemento para la mayoría de las mezclas de hormigón que usan ingredientes ordinarios de hormigón. Debido a las variaciones en las condiciones de la obra y de los materiales de hormigón, se podrán requerir rangos de dosificación diferentes a los recomendados. En tales casos, contacte a su representante de BASF.

RECOMENDACIONES

Corrosividad

No corrosivo, no contiene cloruros. POZZOLITH 322 N no iniciará o promoverá la corrosión del acero reforzado en el hormigón. Este aditivo no contiene cloruro de calcio o ingredientes a base de cloruros que hayan sido adicionados intencionalmente.

Compatibilidad

POZZOLITH 322 N puede utilizarse en combinación con cualquier otro aditivo de BASF Construction Chemicals y puede usarse en hormigón todo blanco, de color u hormigón arquitectónico. Cuando se usa con otros aditivos, cada aditivo deberá adicionarse a la mezcla en forma separada.

Temperatura

Si se llega a congelar el POZZOLITH 322 N, funda a 2°C (35°F) o a una temperatura mayor y reconstituya el producto por completo con una agitación mecánica ligera. No use aire presurizado para agitar.

ALMACENAMIENTO

POZZOLITH 322 N tiene una vida útil de 18 meses como mínimo. Dependiendo de las condiciones de almacenamiento, la vida útil puede ser mayor.

EMPAQUE

POZZOLITH 322 N se suministra en tambores de 250 Kg, Baldes de 25 Kg y contenedores de 1200 Kg.



⁸³ Fichas técnicas obtenidas de la página *web* <http://basf-admixtures.com>

3.13.3.2 Rheocell ®15



The Chemical Company

RHEOCELL® 15

Agente espumante para materiales controlados de baja resistencia

USOS RECOMENDADOS

- Relleno de zanjas de tuberías de agua, de electricidad, paredes de retención.
- Relleno estructural: Sub-base de cimentaciones, base de losas, alrededor de tuberías.
- Otros usos Incluyen tanques abandonados , bóvedas de servicios, minas, alcantarillas,, espacios debajo de pavimentos y losas, aislante para techos, paredes contra fuego, muros de contención de carreteras, paneles prefabricados.

DESCRIPCIÓN

Es un agente espumante altamente concentrado, listo para usarse en la producción de Materiales Controlados de Baja Resistencia (MCBR), y Materiales Controlados de Baja Resistencia de Baja Densidad.

VENTAJAS

El uso del Rheocell 15 para hormigón celular resulta en:

- Óptima trabajabilidad- puede producirse en consistencia plástica o fluida.
- Facilidad de colocación por bombeo o gravedad.
- Valores pre-seleccionados de densidad y resistencia.
- Buen aislante térmico.

APLICACION

Formas de Aplicación

El Rheocell 15 es una solución lista para usarse para producir hormigón celular.

No es para uso en hormigón convencional. No diluya o mezcle el Rheocell 15 con ningún otro aditivo. En caso necesario puede utilizar un aditivo reductor de agua que cumpla con los requisitos del ASTM C 494. Sin embargo, el aditivo reductor de agua debe añadirse a la mezcla por separado. El RHEOCELL 15 se introduce a la mezcla del MCBR utilizando una pistola RHEOCELL o cualquier otro equipo generador de espuma similar.

Dosificación

No existe una dosis estándar para RHEOCELL 15. La dosificación depende de la densidad requerida y del uso final.

Se debe hacer una evaluación de prueba para determinar el tiempo necesario para obtener la densidad requerida.

ALMACENAMIENTO

El RHEOCELL 15 puede almacenarse a una temperatura mínima de 1 °C. Temperaturas menores pueden causar floculación del material. Si ocurre floculación, deje que el producto se descongele a una temperatura de 21 a 23 °C. Reconstitúyalo con una leve agitación. No use aire a presión para agitar el producto.

EMPAQUE

En tambor de 200 kg, y en balde de 20 Kg.

SEGURIDAD

Riesgos

Puede causar irritación en ojos y piel.

Precauciones

Se recomienda usar lentes de seguridad con protectores laterales mientras está aplicando el producto. Use guantes de goma o látex. La selección de elementos tales como botas y delantal, dependerá de la operación



3.13.3.3 Fibermesh Fibers



FIBERMESH® Fibers

Sistema de refuerzo secundario para el concreto con tecnología de punta

DESCRIPCION

Las fibras de polipropileno FIBERMESH® están ingenieras exclusivamente para el concreto. Las fibras se distribuyen de manera uniforme dentro del concreto en todas direcciones, ofreciendo un refuerzo secundario efectivo para el control del agrietamiento por retracción.

RECOMENDADAS PARA

- La reducción del agrietamiento como resultado de esfuerzos intrínsecos
- Uso como método alternativo a la malla electrosoldada como refuerzo secundario y/o refuerzo por temperatura.
- Mayor resistencia al impacto, abrasión, rompimiento y fatiga para el concreto
- Vaciados donde todos los materiales deben ser no-metálicos
- Areas que requieran materiales que sean resistentes a alcalis y a químicos

CARACTERISTICAS/BENEFICIOS

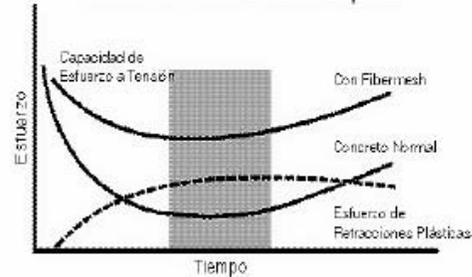
- Refuerza contra la formación de grietas por retracción en estado plástico y por asentamiento, fuerzas de impacto, rompimiento y abrasión
- Mantiene las grietas juntas con resistencia residual
- Resistente a la corrosión y al óxido
- No magnéticas

*FIBERMESH® es una marca registrada de Synthetic Industries.

EMPAQUE Y DOSIFICACION

Las fibras FIBERMESH® se encuentran disponibles en una amplia variedad de tamaños de paquetes para cumplir con las necesidades de la mayoría de las aplicaciones. Contacte a su representante local MBT para los tamaños específicos.

Principio de Esfuerzo a Tensión y Capacidad de Esfuerzo a Tensión de Concreto a Edades Tempranas



BOLETINES RELACIONADOS

- Folleto FIBERMESH®
- Hoja Técnica
- Hoja de Seguridad

3.13.3.4 Rheocell Rheofill



RHEOCELL® RHEOFILL

Aditivo para materiales controlados de baja resistencia

DESCRIPCION:

El RHEOCELL RHEOFILL es un producto concentrado listo para usarse en diferentes aplicaciones de Materiales Controlados de Baja Resistencia Regulares (MCBR-Reg) donde se requieran contenidos de aire de hasta 30%.

VENTAJAS/ BENEFICIOS:

El RHEOCELL RHEOFILL produce contenidos estables de aire de 15 a 30%. MCBR-Reg producidos con el aditivo RHEOCELL RHEOFILL ofrecen al usuario lo siguiente:

- Sangrado poco o nulo
- Cero segregación
- Reducción de contracciones
- Reducción de contenido de agua de hasta 50%
- Incremento en el Volumen
- Óptima trabajabilidad - puede producirse en estado fluido o plástico
- Incremento en la bombeabilidad
- Control en el desarrollo de resistencias
- Rentable comparado con los costos de colocación de la compactación del terreno.

NOTA: Cuando se usen materiales que produzcan altas cantidades de aire, los tiempos de fraguado podrán extenderse. Cuando se necesite un tiempo de fraguado para el soporte de cargas, se pueden usar aditivos acelerantes en la mezcla de MCBR.

DONDE UTILIZARLO:

Los MCBR producidos con RHEOCELL RHEOFILL pueden usarse en cualquier aplicación en lugar de tierra compactada. El RHEOCELL RHEOFILL se usa en mezclas Regulares de MCBR para reducir la densidad, eliminar el asentamiento y para controlar el desarrollo de resistencias.

El aditivo RHEOCELL RHEOFILL puede utilizarse en las siguientes aplicaciones:

Relleño Fluido: Trincheras de drenaje, trincheras de servicio, paredes de contención, etc.

Relleño Estructural: subbases de cimentaciones, bases de losas de pisos, camas para tuberías.



INFORMACION TECNICA ACERCA DEL USO:

El RHEOCELL RHEOFILL es un polvo seco listo para usarse empacado en una bolsa desintegrante para uso en la producción de MCBR Regulares. No deberá usarse en concreto convencional.

El RHEOCELL RHEOFILL está disponible en dos tamaños. La bolsa pequeña es suficiente para tratar .9 metros cúbicos de material y la bolsa grande es suficiente para tratar 3 metros cúbicos de material, respectivamente. La bolsa se lanza dentro del camión mezclador con los MCBR previamente mezclados por un mínimo de 5 minutos. No es necesario lavar la tolva antes de añadir el aditivo RHEOCELL RHEOFILL.

El aditivo RHEOCELL RHEOFILL funciona mejor cuando se añade a mezclas con un asentamiento de 2.5 a 7.5 cm. Si se usa un mayor contenido de agua, el diseño de la mezcla puede ajustarse para obtener un asentamiento de 7.5 cm.

El aditivo RHEOCELL RHEOFILL puede añadirse en la obra o en la planta de concreto premezclado.

TEMPERATURA:

El RHEOCELL RHEOFILL debe almacenarse en un área seca a una temperatura de menos de 54 °C.

EMPAQUE:

El RHEOCELL RHEOFILL se suministra en dos tamaños:
Bolsa para .8 metros cúbicos
Bolsa para 3 metros cúbicos

Para información adicional acerca del RHEOCELL RHEOFILL contacte a su representante local MBT.

Juntos Construyendo el Futuro® **SKW-MBT**
CONCRETO INGENIERIA

3.14 Bibliografía capitular

a) Tesis relacionadas con el tema

- AIRE UNTIVEROS Carlos, "Concretos de alta resistencia" Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería (Construcción), Facultad de Ingeniería UNAM, 1991.
- ALVAREZ REYES Adrián, "Desempeño del concreto autocompactable en estado plastico y endurecido", Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería (Construcción), Facultad de Ingeniería UNAM, 2007.
- GUZMÁN RAMÍREZ Mario, "Concreto de alta resistencia con componentes comunes de la Ciudad de México", Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería (Construcción), Facultad de Ingeniería UNAM, 1999.
- MUÑIZ RODRÍGUEZ José Guadalupe, "Caracterización de concretos de baja resistencia en vivienda de interés social", Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería (Construcción), Facultad de Ingeniería, UNAM, México 2006.

b) Libros de consulta

- ACI, "Lightweight Concrete", *Publication SP 29, Detroit Michigan 1971, P.O. BOX 4754, 321 pages.*
- BADAWY Michael, "Temas de Gestión de la Innovación para Científicos e Ingenieros", Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica, España 1995.
- BATTINI Pierre, "Innovar para ganar", Editorial Limusa Noriega Editores, Primera Edición, México 1994.
- CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN, "Análisis de Costos Directos de Concretos", México DF, Enero 1971.
- COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, "Manual de Tecnología del Concreto", Sección 1, 2, 3 Y 4, Editorial Limusa Noriega Editores, Primera Preedición, México 1994

- GONZÁLEZ CUEVAS, Oscar, FERNÁNDEZ VILLEGAS, Francisco, "Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado", Tercera Edición, Editorial Limusa, México 1999, Cuarta Reimpresión de la Tercera Edición, 752 páginas.
 - IMCYC, "Compactación del concreto", Editorial Limusa, Primera Reimpresión 1990, México, 126 páginas
 - IMCYC, "Memorias Tercer Simposio nacional Sobre la Enseñanza del Concreto", IMCYC, México 1965, páginas 325
 - IMCYC, "Práctica recomendable para la evaluación de los resultados de resistencia del concreto", Editorial Limusa Noriega, Segunda Reimpresión 1989, México.
 - INCROPERA Frank, DEWITT David, "Fundamentos de transferencia de calor", Prentice Hall, México 1999, Cuarta Edición, página 4.
 - NEVILLE A.M. "Tecnología del Concreto", Tomo I,II,III, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Segunda Reimpresión, México 1989.
 - RIVERA Raymundo, "Seminario Internacional sobre Tecnología del Concreto", Editorial U.A.N.L. México 1972, 260 páginas.
 - SHORT Andrew, KINNIBURGH William, "Concreto Ligero", Editorial Limusa, Segunda Reimpresión, México 1980.
 - STAFF-PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, "Proyecto y Control de Mezclas de Concreto", Editorial Limusa, México 1978, 163 páginas.
- c) Páginas web
- <http://basf-admixtures.com>

CAPÍTULO 4

FACTIBILIDAD ECONÓMICA

Índice Capitular:

- 4.1 Fundamentos
- 4.2 Decisiones Económicas
 - 4.2.1. Decisiones de resultados inmediatos
 - 4.2.2. Decisiones que producen utilidades o ahorros a futuro
- 4.3 Objetivos del Estudio Financiero
- 4.4 Presupuestos
 - 4.4.1. Presupuesto de inversión
 - 4.4.1.1. Inversión fija
 - 4.4.1.2. Inversión diferida
 - 4.4.1.3. Activos Circulantes o Capital de trabajo
 - 4.4.1.4 Cronograma de inversiones
 - 4.4.2 Presupuestos de operación
 - 4.4.2.1. Presupuesto de ingresos de operación
 - 4.4.2.2. Presupuestos de egresos de operación

- 4.4.2.2.1. Costos de producción
- 4.4.2.2.2. Gastos de Administración
- 4.4.2.2.3. Gastos de venta
- 4.4.2.2.4. Gastos Financieros
- 4.4.2.2.5. Impuesto y reparto de utilidades
- 4.4.2.3. Estructura Financiera
 - 4.4.2.3.1. Fuentes internas
 - 4.4.2.3.2. Fuentes externas
 - 4.4.2.3.3. Condiciones financieras
- 4.5. Estados financieros pro forma
 - 4.5.1. Estado de resultados
 - 4.5.2. Balance General
 - 4.5.3. Estado de origen y aplicación de recursos
 - 4.5.4. Flujos de efectivo
 - 4.5.4.1. Flujo de efectivo del proyecto
 - 4.5.4.2. Flujo de efectivo del empresario o capital social
 - 4.5.4.2.1. Determinación y representación del flujo de efectivo de un proyecto
 - 4.5.4.2.2. Componentes básicos del flujo de efectivo de un proyecto
- 4.6. Principales indicadores financieros
 - 4.6.1. Capital de trabajo
 - 4.6.2. Prueba del ácido
 - 4.6.3. Rotación de clientes por cobrar
 - 4.6.4. Razones financieras a largo plazo
 - 4.6.5. Razón de propiedad
 - 4.6.6. Razones de endeudamiento
 - 4.6.7. Razón de extrema liquidez
 - 4.6.8. Valor contable de las acciones
 - 4.6.9. Tasa de rendimiento
 - 4.6.10. Punto de equilibrio

- 4.6.11 Análisis de sensibilidad
- 4.7 Principales indicadores económicos
 - 4.7.1 Valor presente neto (VPN)
 - 4.7.2 Tasa interna de retorno (TIR)
 - 4.7.3 Relación Beneficio - Costo (B/C)
 - 4.7.4 Periodo de recuperación
- 4.8 Indicadores para evaluación social
 - 4.8.1 Creación de empleos totales
 - 4.8.2 Costo por empleo generado
 - 4.8.3 Valor agregado
 - 4.8.4 Incremento en la producción total
 - 4.8.5 Relación producción total inversión
- 4.9 Diseño de la estructura de financiamiento óptima para el proyecto

Introducción Capitular

- a) **Objetivo capitular:** Analizar las soluciones técnicamente encontradas en el capítulo anterior e identificar si son económicamente aceptables, expresadas en función de los costos incurridos y de los beneficios que se pueden alcanzar.
- b) **Descripción:** El estudio de factibilidad económica se debe realizar para determinar si el negocio que se propone será bueno o malo y en cuáles condiciones se debe desarrollar para que sea exitoso. El análisis de dichas alternativas conduce a una decisión económica, la selección de la mejor alternativa desde el punto de vista de su eficiencia económica.
- c) **Técnicas y fuentes de información consultadas:**
Se consultó literatura especializada en análisis económico de proyectos de ingeniería, y se buscó complementar esta información con tesis relacionadas con el tema, artículos publicados en revistas e información obtenida en Internet.
- d) **Limitaciones:** Ninguna

Desarrollo Capitular

4.1. Fundamentos

La ingeniería, siempre ha buscado la satisfacción de las necesidades del ser humano, por lo que, las decisiones alrededor de un proyecto siempre deben de combinar los aspectos técnicos y económicos, para que en conjunto lleguemos a soluciones en donde las decisiones Costo - Beneficio sean las más óptimas.

Tarea fundamental de todo Ingeniero debe ser enfocar sus habilidades y conocimientos en la búsqueda de generar productos nuevos y útiles a la sociedad, o productos a un costo menor, en donde los análisis económicos se efectúen como parte del proceso general de solución de problemas. El siguiente diagrama permite mostrar de manera clara la importante relación que existe entre la economía y los proyectos de ingeniería que encuentran su fundamento en la Ciencia y la Tecnología.

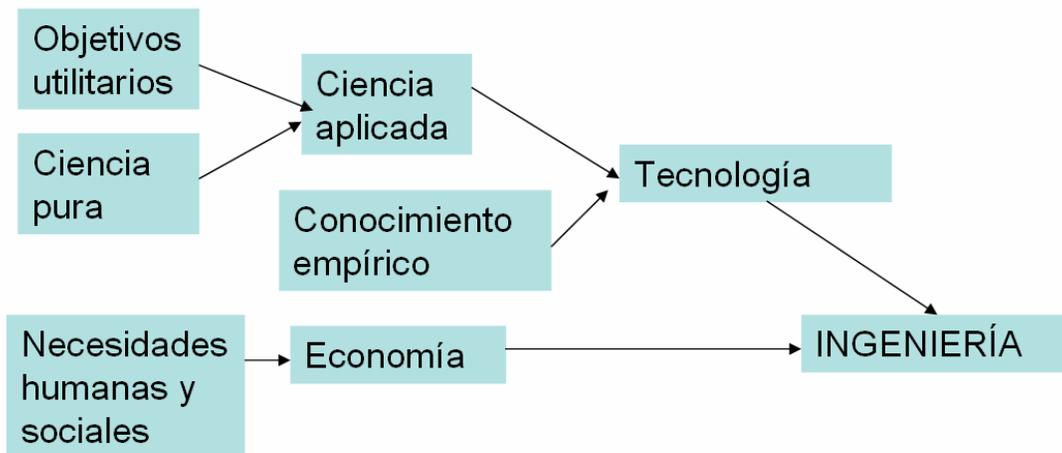


Figura 36. Genealogía de la ingeniería

En general, cuando se busca obtener la eficiencia económica de un proyecto, es imprescindible optimizar la relación:

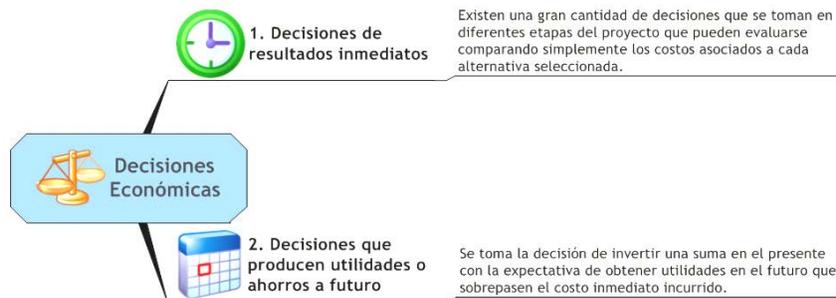
$$\text{Eficiencia Económica} = \frac{\text{Beneficio o Utilidad}}{\text{Costo}}$$

que también puede escribirse de la siguiente manera:

$$\text{Eficiencia Económica} = \frac{\text{Eficiencia Técnica}}{\text{Costo}}$$

4.2. Decisiones Económicas

Las decisiones económicas en la Ingeniería pueden llevarnos a escenarios de diversa índole:



A su vez, las decisiones de inversión se caracterizan por su permanencia e irreversibilidad. Sus efectos se extenderán por grandes lapsos de tiempo y una vez realizada la inversión, el capital invertido casi es irrecuperable. Por lo que se introduce un nuevo elemento en nuestro proceso de evaluación al que llamaremos riesgo.

Los estudios financieros y en particular cada presupuesto, pueden ser elaborados a precios corrientes (y sirven para prever situaciones relacionadas con la liquidez del proyecto) o a precios constantes (que son la base para evaluar la rentabilidad).

“Al hablar, en el lenguaje del análisis financiero, de medir la rentabilidad en una empresa se entiende que se quiere evaluar la cifra de utilidades logradas en relación con la inversión que las origina⁸⁴”

4.3 Objetivos del Estudio Financiero

Una vez concluida la investigación de mercado y el estudio técnico, será sencillo percibir que existe un mercado potencial por cubrir y que técnicamente no existe

⁸⁴ VENEROS SÁNCHEZ Francisco, “Ingeniería Financiera para la Consolidación de una empresa de agua potable y saneamiento caso: Colapsci-Habitacional”, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, UNAM, México 1996. Página 15.

ningún impedimento para desarrollar el proyecto de inversión. El estudio financiero tiene la finalidad de aportar una estrategia que permita al proyecto acercar los recursos necesarios para su implantación y para contar con la suficiente liquidez y solvencia, para desarrollar sin ningún contratiempo operaciones productivas y comerciales.

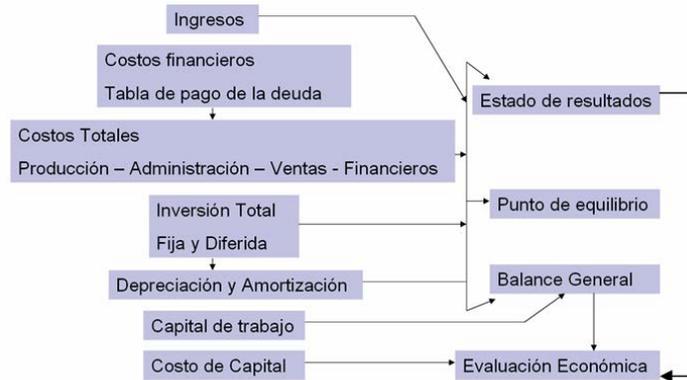


Figura 37. Estructuración del análisis económico

El estudio financiero aporta también la información necesaria para calcular la rentabilidad de los recursos que se utilizarán, susceptibles de compararse con la de otras alternativas de inversión. La integración del estudio financiero es el resultado de la información generada en los capítulos anteriores, mismos que al ser interpretados como términos monetarios permitirán homologar todos los aspectos de mercado y técnico-productivos que se han abordado, analizando, jerarquizado y seleccionado.



4.4 Presupuestos

Los presupuestos son concebidos como planes formales, escritos en términos monetarios.

4.4.1 Presupuesto de inversión

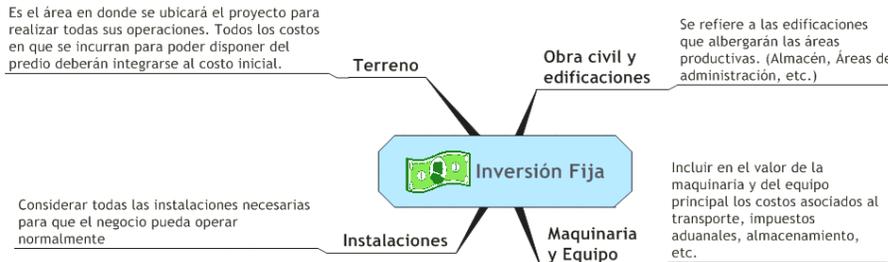
Está conformado por el conjunto de erogaciones que es necesario formalizar para integrar la infraestructura física, también conocida como activos totales del proyecto (maquinaria, terreno, edificios, instalaciones, etc.) e intangible (costos asociados a los impuestos por la adquisición de activos, etc.) que le permitirán al proyecto transformar sus insumos en un producto final que vaya a ser comercializado.

Los activos se clasifican en:

- Activos fijos
- Activos diferidos
- Activos Circulantes o capital de trabajo

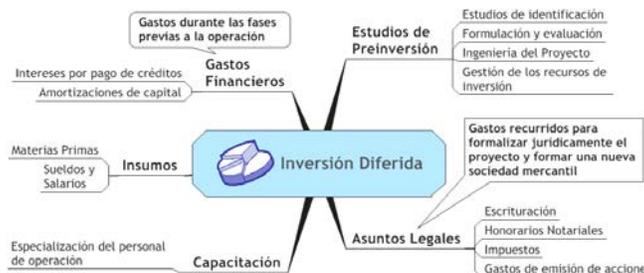
4.4.1.1 Inversión fija

“Presupuesto formado por todos aquellos bienes tangibles que es necesario adquirir inicialmente y durante la vida útil del proyecto, para cumplir con las funciones de producción, comercialización y distribución de los productos a obtener”⁸⁵.



4.4.1.2 Inversión diferida

Se integrará junto con todos los costos que han surgido para la formalización del proyecto de inversión, desde la concepción de la idea hasta su ejecución y puesta en operación.



4.4.1.3 Activos Circulantes o Capital de trabajo

Se refiere a los recursos requeridos por la empresa para operar en condiciones normales: (Pago de Nóminas, Proveedores, Gastos de comercialización).

- **Efectivo en caja:** Se estima en función del costo de producción, se utilizará para el pago de las materias primas y para cubrir los gastos de producción que se generan al iniciar la operación.
- **Inventario de materias prima e insumos:** Se establece considerando la capacidad de operación de la planta, la disponibilidad y capacidad de producción de los proveedores, el costo de almacenamiento en la planta, etc.
- **Inventario de productos en proceso:** Se determina en base del costo y el tiempo que tarda la materia prima en ser procesada para generar el producto a comercializar, los parámetros que no debemos olvidar son: Tiempo de producción por unidad de producto, volumen de producción, insumos para la elaboración del producto, etc.
- **Inventario de productos terminados:** Se establece tomando en cuenta el ritmo de las ventas, utilizando los siguientes factores: Las fluctuaciones en el nivel de las ventas, las características del producto, el costo de almacenamiento, la capacidad de producción de la planta, etc.
- **Cuentas por cobrar:** Se refiere al monto de efectivo que se genera al otorgar crédito a los compradores del producto, se debe estimar en función de las políticas y nivel de las ventas.
- **Contingencias:** Es un factor para atender las contingencias en los rubros de incremento de precios, cambios en los costo de mano de obra, errores en la estimación. Se propone utilizar un factor del 5% al 8% del capital de trabajo.

⁸⁵ Guía NACIONAL FINANCIERA, Guía para la formulación y evaluación de proyectos de inversión, México D.F. página 81.

4.4.1.4 Cronograma de inversiones

Para realizar un cronograma de inversiones debemos utilizar un calendario de ejecución e inicio del proyecto, junto con los presupuestos estimados de inversión fija, diferida y capital de trabajo que deben incluir las fechas programadas para la realización del proceso de inversión del proyecto; a fin de identificar la interrelación y coordinación entre todas las fases para obtener una óptima planeación de las inversiones y lograr de esta forma la oportuna asignación de recursos suficientes.

4.4.2 Presupuestos de operación

Se crea a partir de los ingresos y egresos de operación, ayuda a predecir un estimado de las entradas y salidas monetarias del negocio, durante el tiempo que dure la vida útil del proyecto. El presupuesto de operación debe estar basado en los resultados obtenidos de la investigación de mercado y el análisis técnico. La confiabilidad y utilidad del presupuesto de ingresos y egresos del proyecto, dependerá de la autenticidad de la información recolectada y detallada de cada uno de los rubros que lo conforman.

4.4.2.1. Presupuesto de ingresos de operación

1.- Analizar la estrategia de comercialización establecida en la investigación de mercado, para llegar a los niveles de venta estimados, sin descuidar los aspectos técnicos vinculados a la capacidad instalada y utilizada.



2.- Elaborar un pronóstico de ventas, basado en el conocimiento de la estabilidad y comportamiento del mercado, utilizando el estimado de la demanda del proyecto, el mecanismo de ventas y cobranzas.



3.- Una vez razonada la información anterior se realiza el presupuesto de ingresos que debe contener el volumen, precio y valor de las ventas, tanto para el producto final como para los subproductos obtenidos.

4.4.2.2. Presupuestos de egresos de operación

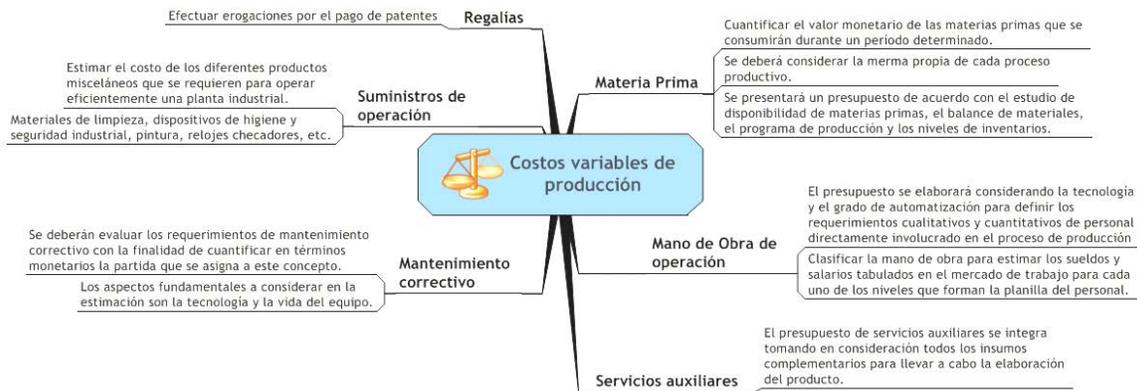


4.4.2.2.1. **Costos de producción:** Son un reflejo de las determinaciones realizadas en el estudio técnico y corresponden a todas las erogaciones que están estrechamente ligadas con la producción y se dividen en costos fijos y costos variables.

- **Costos fijos de operación:** Se forman como resultado de la operación de la empresa, independientemente del volumen de producción de la planta y están formados por:



- **Costos variables de producción:** Están directamente involucrados en la elaboración y venta del producto final y varían en forma directa al volumen de producción.



4.4.2.2.2 Gastos de Administración: Erogaciones para pagos de sueldos de personal del área administrativa, contabilidad, asesoría legal, auditoría interna, compras, almacenes, así como adquisición de papelería, electricidad, teléfono, etc.

4.4.2.2.3 Gastos de venta: Pago de comisiones a los agentes de ventas, materiales de promoción y publicidad, gastos de distribución, etc.

4.4.2.2.4 Gastos Financieros: Pago de intereses sobre créditos presupuestados para el proyecto. Los gastos financieros son deducibles para efectos del Impuesto sobre la Renta (ISR) únicamente en su parte que se obtiene a partir de comparar los niveles de inflación con la tasa nominal de interés.

“La economía de los países con frecuencia experimenta inflación en la que el costo de los bienes y servicios aumenta de un año a otro. Estos aumentos inflacionarios casi siempre se expresan en porcentajes que se capitalizan anualmente⁸⁶”

4.4.2.2.5 Impuesto y reparto de utilidades: Las sociedades mercantiles están obligadas a cumplir con su declaración de impuesto sobre la renta y el reparto de utilidades a los trabajadores (RUT), utilizando los lineamientos de las resoluciones de la comisión mixta, la Ley Federal del Trabajo y las determinaciones de los convenios internos de trabajo. Esta repartición debe ser considerada dentro del Estado de Resultados pro forma y determinarse con base en el artículo 14 de la Ley del Impuesto Sobre la Renta.

4.4.2.3. Estructura Financiera

La estructura financiera del proyecto radica en establecer cómo se financiará el Activo Inicial que puntualizaremos como el total de los recursos utilizados en la inversión del proyecto. Este puede ser financiado completamente con recursos propios provenientes de los fundadores que serán constituidos como accionistas y alternadamente puede obtenerse el financiamiento de una parte con recursos propios y otra parte con recursos financieros provenientes de diversa índole como

⁸⁶ SEPÚLVEDA José, SOUDER William, GOTTFRIED Byron, *“Ingeniería Económica”, Mc Graw Hill*, Primera Edición, México 1985, página 3.

pueden ser créditos del sistema bancario, préstamos de familiares, hipotecas, etc.

Las aportaciones de los socios o accionistas se consideran contablemente como capital de proyecto, mientras que los recursos crediticios se clasifican como pasivos, por lo anterior, tenemos que:



$$\text{ACTIVO} = \text{PASIVO} + \text{CAPITAL}$$

La estimación de la inversión total y de los recursos con que cuentan los accionistas para invertir, cuantifica implícitamente la estructura financiera del proyecto, estableciendo la necesidad o no del financiamiento para el proyecto, por lo anterior todo financiamiento debe incluir el análisis de las fuentes financieras internas y externas que permitan alcanzar los fondos que se utilizarán en la inversión, así como los mecanismos para hacer llegar estos recursos.

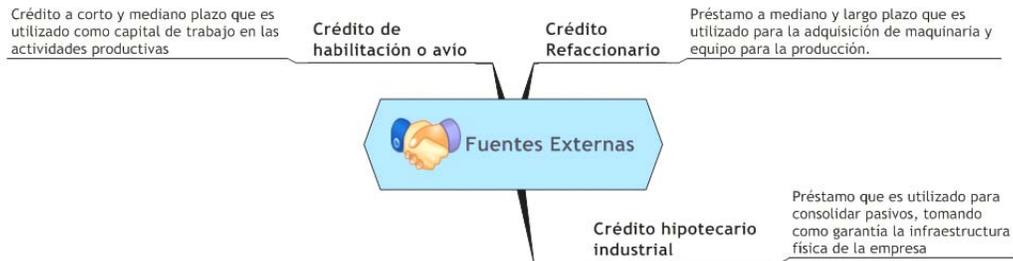
Las fuentes de financiamiento se componen mediante un cuadro de fuentes y destino de recursos para la construcción y operación del proyecto; para la elaboración de dichos cuadros se parte de la estructura y del programa de inversiones de la planta, para integrar un programa de financiamiento que busque la obtención oportuna de los recursos provenientes de fuentes previstas internas y externas.

Para establecer la participación requerida de los accionistas, se deberá realizar una estimación previa sobre la rentabilidad de incorporar socios con suficiente capacidad económica, o buscar en el mercado de valores la colocación de acciones para integrar capital propio.

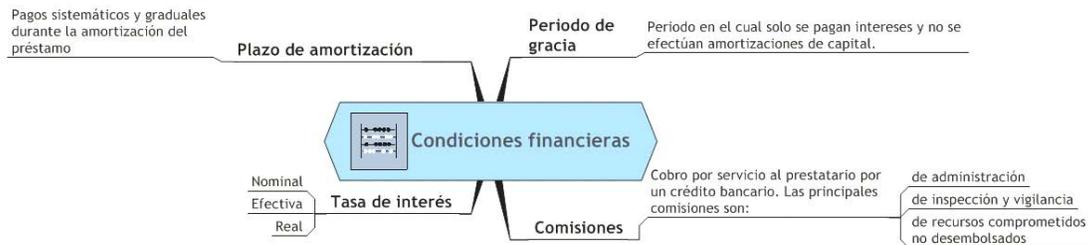
4.4.2.3.1. Fuentes internas



4.4.2.3.2. Fuentes externas: El financiamiento crediticio puede ser obtenido con alguno de los siguientes rubros:



4.4.2.3.3. Condiciones financieras: Con base en el presupuesto de inversión del proyecto y la capacidad financiera de los accionistas para realizar aportaciones, se definen las necesidades del financiamiento y se aportan las condiciones de los créditos requeridos.



4.5 Estados financieros pro forma

Tienen como objetivo prever una perspectiva futura del proyecto y se obtienen a partir de los presupuestos estimados de cada uno de los rubros que intervienen desde la ejecución del proyecto hasta su operación. Los estados pro forma más característicos son:

- Estado de Resultados o de Pérdidas y Ganancias
- Estado de Origen y aplicación de recursos
- Estado de Situación Financiera o Balance General

Las proyecciones de los estados financieros se calculan para periodos largos y para poder realizar un análisis del comportamiento futuro del proyecto. Para llevar a cabo la elaboración de los estados financieros pro forma se identifican las siguientes bases:

- Preparación del programa de inversión total
- Determinación de la estructura financiera del proyecto

- Estimación de los ingresos y egresos del proyecto
- Análisis de las fuentes y condiciones del financiamiento

4.5.1 Estado de resultados⁸⁷

Es un documento dinámico que tiene como objetivo mostrar los resultados económicos de la operación prevista del proyecto para los periodos subsecuentes, se elabora efectuando la suma de los ingresos menos los egresos estimados; los rubros que integran son:

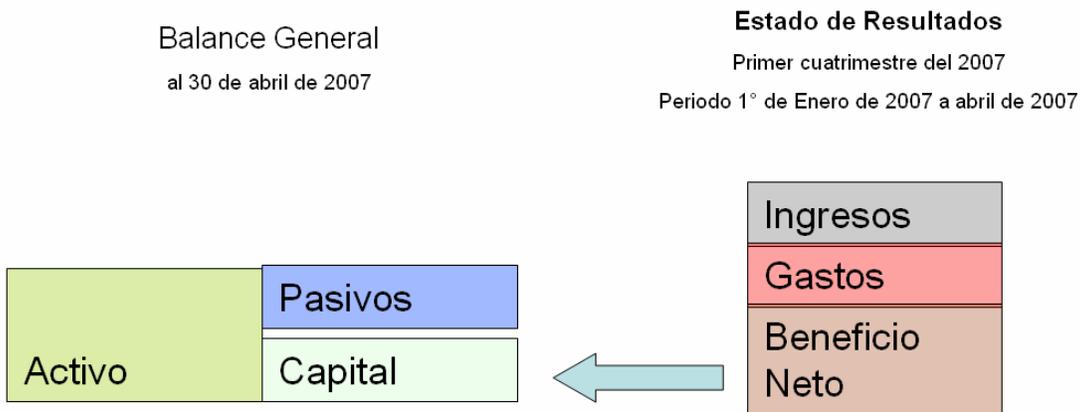
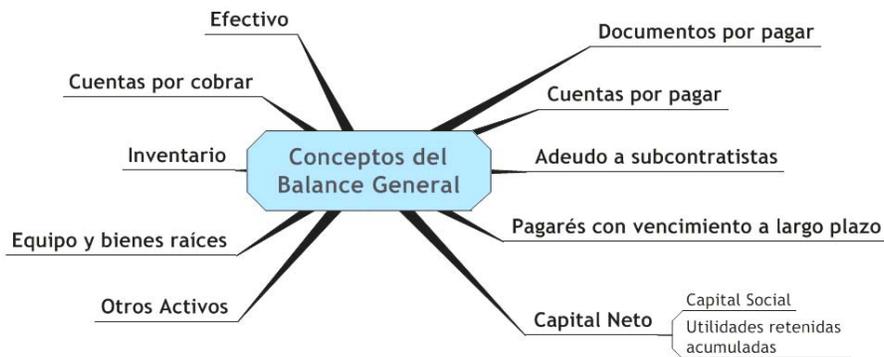


Figura 38. Relación entre el balance general y el estado de resultados

4.5.2 Balance General



“El balance General o estado de situación financiera es el estado financiero que muestra el activo, el pasivo y el capital contable de la entidad (ecuación contable básica), a una fecha determinada, valuados y presentados de acuerdo a los principios de contabilidad generalmente aceptados”⁸⁸.

⁸⁷ Llamado también estado de pérdidas y ganancias

⁸⁸ DZUL LÓPEZ Luis Alonso, *Gestión de los costos de la calidad en empresas constructoras*, Tesis para obtener el grado de maestro en Ingeniería, UNAM, Febrero de 2004. Página 42.

Balance General Activo = Pasivo + Capital
--

Activo Circulante	Pasivo Circulante
	Pasivo a largo plazo
Activo Fijo	Capital Social
	Utilidades

Activos

Pasivos

+

Capital Contable

Representa la correspondencia existente entre los bienes y derechos que ostenta una entidad, así como las obligaciones que tiene que cubrir, a una fecha determinada. Los elementos básicos del balance son: los recursos, las obligaciones y el patrimonio (activo, pasivo y capital)

4.5.3 Estado de origen y aplicación de recursos

El estado de origen y aplicación de recursos tiene como objetivo mostrar de dónde provienen y en qué serán aplicados los flujos de efectivo obtenidos y generados por el proyecto de inversión en un periodo determinado. El flujo de efectivo tendrá todos los ingresos o entradas de efectivo que deberán estar ordenados en los períodos a evaluar, y que conocemos como horizonte del proyecto. Después se ordenarán todas las salidas de efectivo que deberán estar clasificadas como: costos, gastos, amortizaciones de créditos, pagos de impuestos, participación de utilidades, etc. Para finalizar se obtiene el saldo final calculado como los ingresos menos el total de los egresos. El saldo obtenido del primer período se anota para el período subsiguiente, al cual se le sumarán los ingresos y se le restarán los egresos para obtener el saldo final del siguiente período. Cuando el saldo final es negativo significa que hay insuficiencia de ingresos, en este caso deberá solicitarse un incremento en las aportaciones de los socios o financiarse con más créditos. Las secciones que integran el estado de origen y aplicación de recursos son:

- **Origen:** Utilidad Neta, Depreciaciones y amortizaciones, Capital Social, Créditos a corto plazo, Créditos a largo plazo, Reinversión.
- **Aplicación:** Activos Fijos, Activos Diferidos, Capital de trabajo, Amortización de créditos.
- **Saldo:** Reinversión, Dividendos.

ESTADO DE ORIGEN Y APLICACION DE RECURSOS DE LA EMPRESA					
Millones de Pesos					
CONCEPTO	AÑOS				
	1	2	3	4	5
ORIGENES:					
Generación interna:					
Utilidad neta					
Depreciación y amortización					
Efectivo total aportado:					
Capital social					
Crédito de fomento					
Crédito intermediario bancario					
Otros créditos					
Créditos corto plazo					
Proveedores					
Otros orígenes de recursos					
APLICACIONES:					
Adquisiciones de activos:					
Circulantes ***					
Fijos					
Diferidos					
Reducción de pasivos:					
Largo plazo					
Corto plazo					
Dividendos					
Otras aplicaciones de recursos					
Caja al inicio					
Superávit o déficit					
Caja al final					
* Incluye al proyecto					
** Por un período igual al plazo solicitado					
*** Excepto caja y bancos					

Figura 39. Ejemplo de un Estado de Origen y Aplicación de Recursos de una Empresa

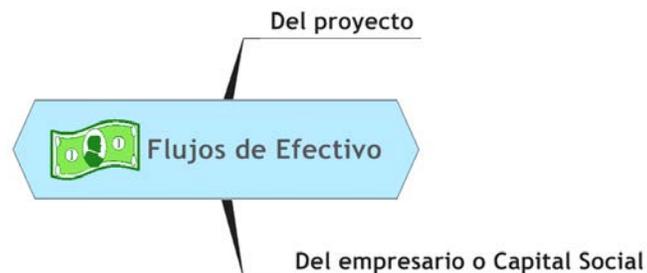
4.5.4 Flujos de efectivo

El flujo de efectivo es la diferencia entre el total de efectivo que se recibe (ingresos) y el total de los desembolsos (egresos) para un periodo dado. Los flujos de efectivo son muy útiles en la ingeniería económica pues constituyen la base para evaluar proyectos, equipos y alternativas de inversión. La forma más sencilla para su representación es el diagrama de flujo de efectivo, en el que cada flujo individual se representa como una flecha vertical a lo largo de una escala de tiempo horizontal. Los flujos positivos (ingresos netos) se representan por flechas hacia arriba y los flujos negativos (egresos netos) por flechas que apuntan hacia abajo. La longitud de la flecha es proporcional a la magnitud del

flujo correspondiente y se debe considerar que cada flujo ocurre al final del periodo respectivo. En el flujo de efectivo deben considerarse también las tablas de amortización de activos intangibles, junto con las depreciaciones de las otras inversiones para poder conformar el estado de resultados y deducir los valores de cada activo en el balance, buscando expresar en cada periodo el valor neto de dichos activos.

- **Equivalencia Económica:** En el análisis económico, equivalencia significa el hecho de tener igual valor. Este concepto se aplica principalmente en la comparación de flujos de efectivo diferentes. El valor del dinero cambia con el tiempo, por lo que; uno de los factores primordiales al considerar la equivalencia, es determinar cuándo tienen lugar las transacciones. El segundo factor lo constituyen las cantidades específicas de dinero que intervienen en la transacción y por último debe considerarse la tasa de interés a la que se evalúa la equivalencia.

La clasificación del flujo de efectivo se determina en:



4.5.4.1 Flujo de efectivo del proyecto

Corresponde a la clasificación de ingresos y egresos brutos que no establece ningún contraste en cuanto a proporciones y costos diferenciables de las fuentes de financiamiento, ni se impactan los egresos por el lado de transformar las bases del cálculo de impuestos sobre la renta o de participación a los trabajadores en las utilidades de las empresas.

El flujo de efectivo del proyecto se organiza a partir del supuesto de que los recursos de inversión, el 100% provendrán del capital de los socios o accionistas, por lo que el total del proyecto será financiado por el capital social inicial, no

vislumbrando la creación de pasivos en calidad de fuentes de fondos que generen deducciones por el pago de intereses. Para integrar un flujo neto de efectivo del proyecto, el cual es requerido en la evaluación del mismo proyecto, utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Flujo de Efectivo del Proyecto} = \text{Inversión} + \text{Ingresos Brutos} - \text{Egresos Brutos}$$

Es posible separar en dos grandes grupos el Flujo de efectivo del proyecto cuando en el existen fuentes de fondos con costos diferenciables.

1. El correspondiente a las aportaciones del capital social de los socios.
2. El relativo a las aportaciones de los pasivos como fuentes de fondos, cuya tasa de ganancia está establecida mediante la tasa de interés y la tabla de amortización correspondiente.

4.5.4.2 Flujo de efectivo del empresario o capital social

Se integra con la siguiente formula:

$$\text{Flujo de efectivo del empresario} = -\text{ACS}_n + \text{UN}_n + \text{D}_n + \text{A}_n - \text{CF}_n - \text{AC}_n$$

donde:

- ACS_n = Aportaciones al capital social en el año n
- UN_n = Utilidad Neta en el año n
- D_n = Depreciación del activo fijo en el año n
- A_n = Amortización del activo diferido en el año n
- CF = Costo Financiero
- AC_n = Amortización o pago de créditos de corto y largo plazo cubiertos en el año n

4.5.4.2.1 Determinación y representación del flujo de efectivo de un proyecto

Para hacer la determinación del flujo de efectivo de un proyecto se deberán ordenar los costos de ingeniería, los costos de construcción y operación de un proyecto, así como los ingresos de operación.

El flujo de efectivo de un proyecto cambia con el tiempo, para describirlo es necesario dividir la vida del sistema, desde su concepción hasta su fin, en

periodos económicos. Se deberá especificar cuál es el ingreso total y el egreso total que se espera en cada uno de los periodos.

4.5.4.2.2 Componentes básicos del flujo de efectivo de un proyecto

- Ingeniería
- Construcción
- Operación y Mantenimiento
- Desmantelamiento

4.6 Principales indicadores financieros

Son obtenidos directamente de los estados financieros pro forma y sirven para conocer si la entidad sujeta a evaluación es solvente, productiva, si tiene liquidez, etc. Las razones financieras a corto plazo, se puntualizan más por lo dinámico de los conceptos que se comparan, que por los períodos que reflejan, ya que para obtenerlas se toman los saldos finales de cada período.

4.6.1 Capital de trabajo⁸⁹: Se obtiene de la diferencia entre el activo circulante y el pasivo circulante. Significa el monto de recursos que la empresa tiene destinado para cubrir las erogaciones necesarias para su operación.

4.6.2 Prueba del ácido: Se utiliza para valuar la capacidad inmediata de pago que tienen las empresas. Se obtiene al dividir el activo disponible⁹⁰ entre el pasivo circulante y representan las unidades monetarias disponibles para cubrir los adeudos a los acreedores a corto plazo.

4.6.3 Rotación de clientes por cobrar: Índice que se obtiene del cociente de los ingresos de operación entre el importe de las cuentas por cobrar a los clientes. Expresa la cantidad de ocasiones que han rotado las cuentas por cobrar en el período.

4.6.4 Razones financieras a largo plazo: Se alcanzan al utilizar las cuentas o conceptos que se modifican en plazos mayores a un año

4.6.5 Razón de propiedad: Índice que se obtiene al dividir el capital contable entre el activo total y muestra la proporción en que los socios han aportado para la compra del total de los activos.

⁸⁹ Puede expresarse en índice y es conocido como Razón Circulante.

⁹⁰ Efectivo en caja, bancos y valores de fácil realización.

4.6.6 Razones de endeudamiento: Significa el porcentaje que se adeuda del total del activo y se calcula con el cociente del total del pasivo entre el total del activo.

4.6.7 Razón de extrema liquidez: Refleja la capacidad de pago que se tiene al finalizar un período y se obtiene al dividir el activo circulante entre el total de pasivos.

4.6.8 Valor contable de las acciones: La utilidad por acción se puede alcanzar, dividiendo la Utilidad Neta entre el número de acciones suscritas y pagadas, indica el valor de cada título y se obtiene dividiendo el total del capital contable entre el número de acciones suscritas y pagadas.

4.6.9 Tasa de rendimiento: Representa la rentabilidad de la inversión total de los accionistas e incluye la aportación de éstos y las utilidades acumuladas; se obtiene del cociente de la utilidad neta después de impuestos entre el capital contable.

“La tasa de rendimiento se define como la tasa de interés pagada sobre el saldo que se debe de un préstamo, de tal manera que el plan de pago hace que el saldo no pagado sea igual a cero cuando se hace el último pago.⁹¹”

4.6.10 Punto de equilibrio⁹²: Es la intersección de la curva de costos totales, con la curva de ingresos a su máxima capacidad de operación y significa el volumen de operación o nivel de utilización de la capacidad instalada, en donde los ingresos son iguales a los costos.

4.6.11 Análisis de sensibilidad: Se ejecutan a partir de cambios presentados en los precios, en los costos, en la capacidad instalada, etc. Proporciona una segunda estimación de una valoración económica. Cuestiona si los cálculos originales representan adecuadamente las condiciones futuras que pudieran afectar una propuesta si ésta fuera implantada.

⁹¹ NEWMAN Donald, *“Análisis económico en Ingeniería”*, Mc Graw Hill, Segunda Edición, México 1984, página 15.

⁹² Por debajo de este punto la empresa tiene pérdidas y por arriba utilidades.

4.7 Principales indicadores económicos

El concepto del valor del dinero en el tiempo es fundamental para la comparación de los rendimientos económicos de las alternativas de diseño, por lo que para poder determinar la factibilidad económica de un proyecto nos ayudaremos de los siguientes cuatro métodos los cuáles presentan ventajas y desventajas dependiendo de cada situación, por lo que cualquier método a emplear deberá complementarse con la experiencia de la persona que este realizando la evaluación económica del proyecto.

4.7.1 Valor Presente Neto (VPN)

El VPN mide la aportación económica de un proyecto a sus inversionistas y refleja el aumento o disminución de la riqueza que genera el proyecto de inversión. El método del VPN incorpora el valor del dinero en el tiempo con la determinación de los flujos de efectivo netos del proyecto con la finalidad de hacer comparaciones correctas entre flujos de efectivo en diferentes periodos a lo largo del tiempo. El valor del dinero en el tiempo está incorporado en la tasa de interés con la cual se convierten o ajustan en el tiempo, es decir es la tasa con la cual se determina el VP de los flujos de efectivo del proyecto. Representa los beneficios obtenidos excluyendo los costos actualizados al costo de oportunidad del capital.

Si el:

- $VPN > 0$ Conviene participar en el proyecto
- $VPN < 0$ No es conveniente económicamente el proyecto

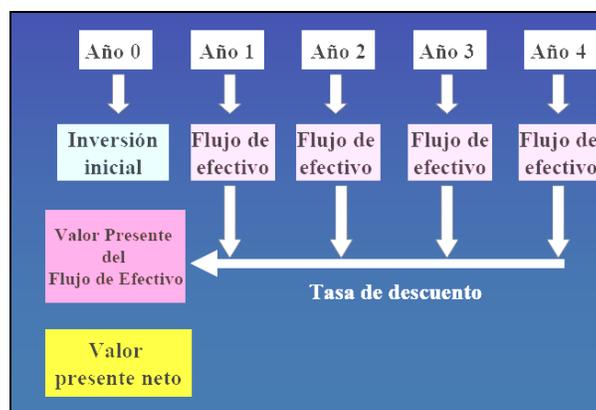


Figura 40. Interpretación gráfica del VPN

Las principales ventajas del método del VPN son que utiliza el valor del dinero en el tiempo y siempre da una decisión mediana o altamente acertada sobre la aceptación o rechazo de un proyecto. La principal desventaja es que es muy sensible al valor de la tasa de interés utilizada, por lo que se requiere de una buena estimación de la tasa de interés esperada con la cual se van a descontar los flujos de efectivo futuros.

4.7.2 Tasa interna de retorno (TIR)

La TIR equivale a la tasa de interés que un proyecto le va a dar a las personas que invirtieron en el su dinero. La TIR es la tasa que iguala la inversión inicial del proyecto al valor presente de los flujos futuros provenientes de dicha inversión. La TIR debe ser mayor que el costo de oportunidad del capital más un factor de riesgo. El Costo de Oportunidad del capital es la tasa promedio de interés que se puede recibir de los ahorros (bancos). La TIR hace que el Valor Presente Neto sea cero. Cuando se calcula la TIR el inversionista tendrá los elementos para determinar si las expectativas de rendimientos serán cubiertas en un tiempo determinado y con ello aceptará o no la idea de inversión. Para calcular la TIR⁹³, el flujo de fondos se iguala a un VPN de cero y se encuentra la tasa resultante.

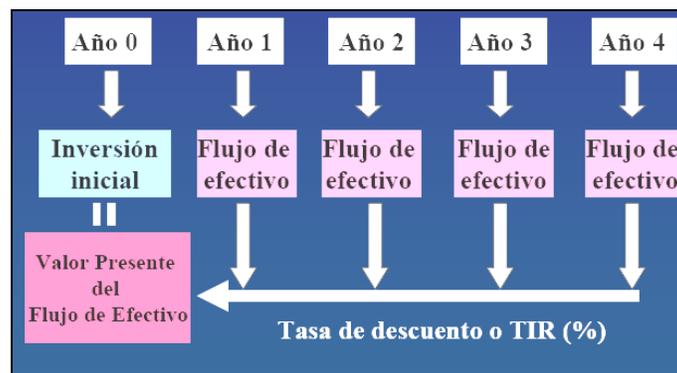


Figura 41. Interpretación Gráfica de la TIR

La regla de decisión es: se aceptan los proyectos en los que la TIR es mayor que la tasa de descuento ($TIR > i$)

Las principales ventajas del método de la TIR son la facilidad del método y que el resultado es presentado como una tasa de interés, y esta puede ser comparada

⁹³ En algunas ocasiones existe más de una tasa que satisface el proyecto de inversión

con otras tasas, por ejemplo una tasa bancaria. La principal desventaja del método de la TIR es que puede dar una decisión errónea cuando se tienen proyectos mutuamente excluyentes y cuando se presenta el caso en el que existen más de una TIR el indicador puede perder confuso.

4.7.3 Relación Beneficio - Costo (B/C)

El análisis Beneficio-Costo puede ser considerado como una metodología, o como un sistema de información relevante, su propósito es servir de apoyo en la toma de decisiones, aún cuando no sea éste el que las determina. Proporciona información relacionada con la eficiencia distributiva de las opciones de inversión; en este sentido, permite evaluar las distintas políticas que una sociedad se plantee para mejorar su status quo.

“El punto de partida del análisis beneficio - costo, es la condición de resolver una situación en específico mediante la estructuración de la información relevante para ayudar a la toma de decisión⁹⁴”.

4.7.4 Periodo de recuperación

El retorno de la inversión es un método ampliamente usado que calcula el tiempo que tardamos para recuperar la inversión original. Sin embargo, no considera el tiempo en la evaluación y no incluye ganancias después de que la inversión original se ha recuperado. Secundariamente, si se lleva a cabo una actividad financiera alterna, como la de arrendamiento, este método no es apropiado.

A pesar de sus limitaciones, las técnicas de recuperación de la inversión pueden servir para un objetivo útil; pueden dar de forma preliminar una medida de la utilidad del proyecto, por lo que se le considera una herramienta rápida, simple y con facilidad de cálculo. Este método se usa como dispositivo inicial de selección para eliminar las inversiones que más claramente resulten antieconómicas y proporciona información necesaria respecto a algunas características sensibles de una inversión. Sin embargo, cuando se usan métodos parciales, puede ser necesario usar técnicas más completas para verificar el

⁹⁴ CAMACHO GONZÁLEZ Héctor David, “El Análisis Beneficio Costo como instrumento de evaluación económica de políticas de gestión en la cuenca Lerma Chapala”, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, UNAM, 2005, Página 13.

resultado de las evaluaciones y para jerarquizar proyectos alternativos en función de su eficiencia relativa. El método de recuperación nos ayuda a determinar el número de años requeridos para que el capital invertido sea cubierto por los beneficios resultantes. El número requerido de años recibe el nombre de período de recuperación, de pago o de equilibrio y se define como el tiempo en años en el cual los beneficios o utilidades futuras del proyecto cubren el monto de inversión. Se suele utilizar como un criterio para la rentabilidad y la liquidez. La medida se calcula sobre una base de antes de impuestos y sin descuento; es decir, haciendo caso omiso del costo de oportunidad del capital.

El período de recuperación (PR) generalmente se calcula como sigue:

$$PR = \frac{\text{COSTO INICIAL}}{\text{BENEFICIOS ANUALES} - \text{COSTOS ANUALES}}$$

Las desventajas del método que no promueven su uso como criterio único para decisiones de inversión son: El método no considera los movimientos de fondos más allá del período de recuperación y por lo tanto no mide la eficiencia de una inversión a lo largo de toda su vida. El despreciar el costo de oportunidad del capital, esto es, el no descontar costos que ocurren en diferentes tiempos a una base común de comparación, da por resultado la determinación incorrecta de los beneficios y costos empleados para calcular el período de recuperación y por lo tanto la determinación de éste en forma incorrecta.

A pesar de sus limitaciones, el método del período de recuperación presenta algunas ventajas en varias situaciones. Una recuperación rápida puede ser un criterio importante para juzgar una inversión, cuando se dispone de recursos financieros para invertir por sólo un corto período. El inversionista especulativo que tiene un horizonte de tiempo relativamente limitado, generalmente desea una rápida recuperación de la inversión inicial. Cuando la vida esperada del activo es altamente incierta, la determinación de la vida de equilibrio, es decir del período de recuperación, es útil para establecer la probabilidad de lograr una inversión conveniente. Las limitaciones que resultan de no descontar costos y la omisión de elementos importantes de costos, pueden contrarrestarse simplemente usando un

cálculo de recuperación más preciso. Esencialmente, lo que se desea es encontrar el número de años R , para los cuales el valor de la siguiente expresión es igual a cero:

$$C = \sum \frac{B_j - P_j}{(1+i)^j}$$

donde:

- C Costo de la inversión inicial,
- B_j Beneficios en el año j
- P_j Costos en el año j
- R Número de años de recuperación total,
- i Tasa de descuento
- j Año

En los casos en que los beneficios netos anuales no son uniformes, se puede usar un proceso iterativo para determinar la solución. Si por otra parte se espera que los beneficios netos anuales sean uniformes, se puede usar la siguiente fórmula:

$$R = \frac{-\log \left[1 - \frac{iC}{M} \right]}{\log(1+i)}$$

donde:

- R número de años para la recuperación,
- M beneficios netos anuales
- C costo de la inversión inicial
- i tasa de descuento

4.8 Indicadores para evaluación social

4.8.1 Creación de empleos totales⁹⁵

Se hace una cuantificación de los empleos nuevos o generados directamente por el proyecto.

4.8.2 Costo por empleo generado

Es el cociente de la inversión total entre los empleos que se generaron. Se reportará en unidades monetarias por persona ocupada.

4.8.3 Valor agregado

Como medida del ingreso generado por el proyecto, al contexto de la economía se calcula el valor agregado sumando los pagos a los factores de la producción:

1.- Sueldos y prestaciones a los empleados

2.- Consumo de capital fijo

3.- Excedente de explotación (utilidades, regalías, etc.)

4.- Impuestos menos subsidios

4.8.4 Incremento en la producción total

Con este indicador medimos el impacto total del proyecto en cuanto al volumen y el valor del bien a producir, así como ofrece la oportunidad de evaluar el impacto total del proyecto en cuanto al incremento de la producción.

4.8.5 Relación producción total inversión

Se obtiene la relación producción entre la inversión total en el proyecto.

4.9 Diseño de la estructura de financiamiento óptima para el proyecto

Para realizar el diseño de la estructura financiera del proyecto de inversión de un concreto ligero fabricado a base de microesfera como agregado, se calculará el costo de cada una de las dosificaciones fabricadas. El método para calcular el costo será simplemente calcular cuál es el costo de cada uno de los insumos

⁹⁵ El resultado de este indicador se compara con el de otros proyectos de inversión similares o alternativos y puede exponerse como una justificación social del proyecto.

empleados. Nos basaremos en la relación de los materiales necesarios para cada dosificación y con ello obtendremos el costo de fabricar cada mezcla.

	Dosificación 1	Dosificación 2	Dosificación 3
Cemento	\$294.37	\$298.72	\$337.04
Fly ash	\$173.16	\$175.72	\$198.26
Microsilice	\$86.58	\$87.86	\$99.13
K1	\$1,028.00	\$1,026.99	\$1,022.88
Arena	\$100.20	\$131.79	\$143.59
Grava	\$219.39	\$193.43	\$223.48
Fiber mesh	\$50.00	\$50.00	\$50.00
Rheocell rheofill	\$0.00	\$5.21	\$5.21
Agua [litros]	\$1.14	\$1.03	\$0.97
Pozzolith 322n [litros]	\$37.17	\$37.72	\$42.56
Rheomac VMA [litros]	\$0.00	\$96.72	\$109.12
Glenium 3400 [litros]	\$24.78	\$25.15	\$28.37
Rheocell 15 [litros]	\$0.00	\$19.34	\$21.82
Costo en \$ por m3	\$2,014.79	\$2,149.67	\$2,282.44

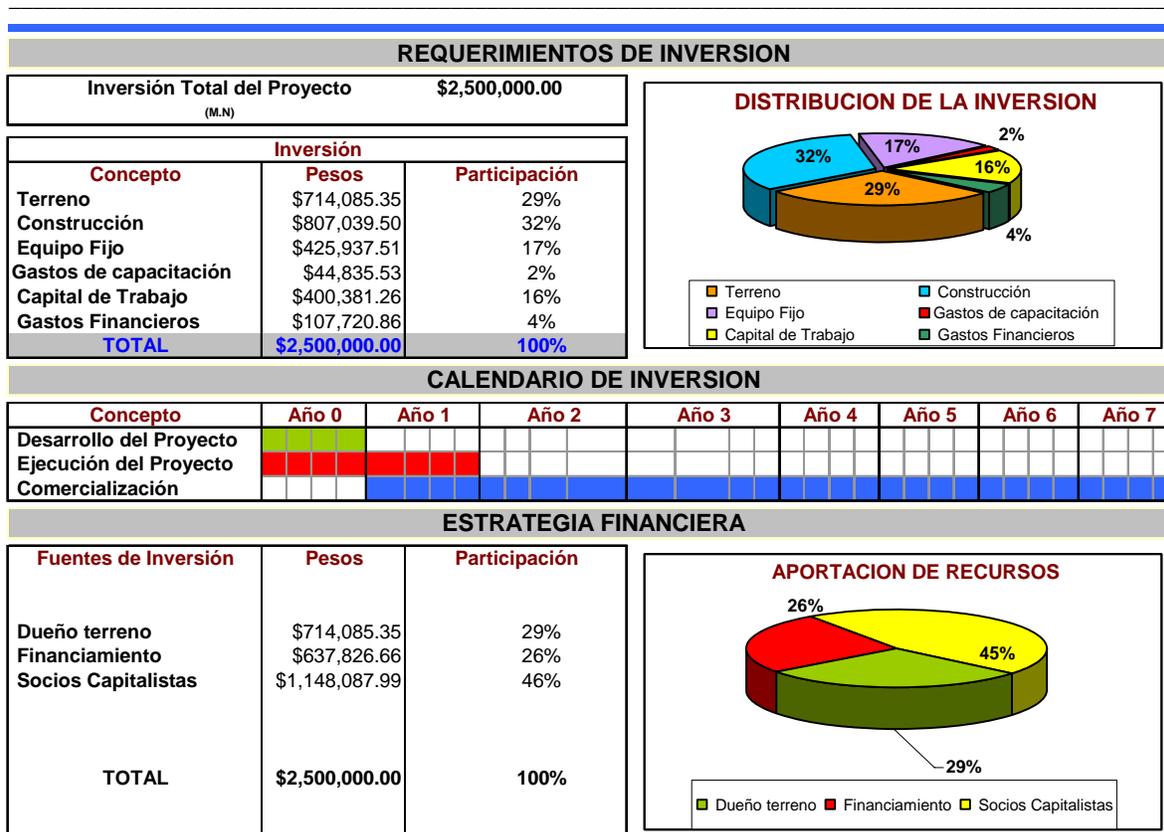
Figura 42. Tabla de integración de costo de cada mezcla

Con los valores obtenidos del costo de fabricación de cada una de las dosificaciones, podemos concluir que se cumplió el objetivo de este trabajo de investigación de verificar que los concretos ligeros que se han fabricado en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería son técnica y económicamente factibles para ser utilizados por la industria de la construcción de nuestro país, ya que en el estudio de mercado investigamos el precio de los concretos ligeros que son producidos en nuestro país y el costo de nuestro concreto es competitivo con lo que presenta el mercado.

Para complementar este documento analizaremos la rentabilidad de una empresa que fabricará los concretos ligeros estudiados en este trabajo de investigación.

Para lo cual se supondrán los siguientes datos:

- Inversión total del proyecto \$2´500,000.00 M.N
- 3 Fuentes de Financiamiento: Dueño de terreno (con un costo del 8% anual), Financiamiento bancario (con un costo del 18% anual) y socios capitalistas (con un costo del 10% anual).
- Periodo de análisis: 7 años
- Precio de venta de la mezcla 2: \$2,500.00
- Costo de producción de la mezcla 2: \$2,200.00



Para estimar el mercado de ventas tomaremos los datos obtenidos previamente en esta investigación.

Utilizando el dato obtenido en la investigación de mercado de que el 9.72%⁹⁶ del consumo de concreto premezclado es utilizando concreto ligero. Y con el dato de la Asociación Mexicana de la Industria del Concreto Premezclado tenemos que el consumo de concreto premezclado en la Ciudad de México en el 2005 fue de 3'523,769⁹⁷ m³.

Realizando las siguientes suposiciones:

De los 3'523,769 m³ de concreto premezclado que se consumen en el D.F anualmente el 9.72% equivalen a concreto ligero, por lo que anterior tenemos que 342,510.34 m³ de concreto ligero se consumen anualmente en la Ciudad de México. Si realizamos una adecuada estrategia de comercialización supondremos que captaremos el 1% del mercado del Distrito Federal y este se irá incrementando a razón de un 0.1% anual.

⁹⁶ Dato obtenido de la página 70 de esta investigación.

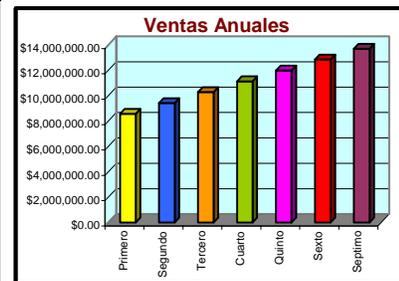
⁹⁷ Dato obtenido de la página 74 de este trabajo de investigación.

Por lo que anterior tenemos que:

Año	m ³ consumidos en el DF	Porcentaje del mercado captado	m ³ comercializados anualmente por nuestra empresa
1	342,510.34	1.00%	3,425.10
2	342,510.34	1.10%	3,767.61
3	342,510.34	1.20%	4,110.12
4	342,510.34	1.30%	4,452.63
5	342,510.34	1.40%	4,795.14
6	342,510.34	1.50%	5,137.65
7	342,510.34	1.60%	5,480.16

Tabla 43. Determinación de las expectativas de venta

VELOCIDAD DE VENTAS		
Años	metros cúbicos	Pesos
Primero	3,425.10	\$8,562,750.00
Segundo	3,767.61	\$9,419,025.00
Tercero	4,110.12	\$10,275,300.00
Cuarto	4,452.63	\$11,131,575.00
Quinto	4,795.14	\$11,987,850.00
Sexto	5,137.65	\$12,844,125.00
Septimo	5,480.16	\$13,700,400.00
TOTAL	31,168.41	\$77,921,025.00



Con los ingresos obtenidos por las ventas, calcularemos la utilidad anual obtenida, mediante la resta de los ingresos anuales (ventas) menos los egresos anuales (Costo de producción).

Año	m ³ producidos anualmente	Precio de Venta ⁹⁸	Ventas anuales	Costo de Producción por m ³	Costos anuales	Utilidades anuales
1	3,425.10	\$2,500.00	\$8,562,750.00	2,200.00	\$7,535,220.00	\$1,027,530.00
2	3,767.61	\$2,500.00	\$9,419,025.00	2,200.00	\$8,288,742.00	\$1,130,283.00
3	4,110.12	\$2,500.00	\$10,275,300.00	2,200.00	\$9,042,264.00	\$1,233,036.00
4	4,452.63	\$2,500.00	\$11,131,575.00	2,200.00	\$9,795,786.00	\$1,335,789.00
5	4,795.14	\$2,500.00	\$11,987,850.00	2,200.00	\$10,549,308.00	\$1,438,542.00
6	5,137.65	\$2,500.00	\$12,844,125.00	2,200.00	\$11,302,830.00	\$1,541,295.00
7	5,480.16	\$2,500.00	\$13,700,400.00	2,200.00	\$12,056,352.00	\$1,644,048.00

Figura 44. Tabla de datos para obtener los ingresos y los egresos totales anuales

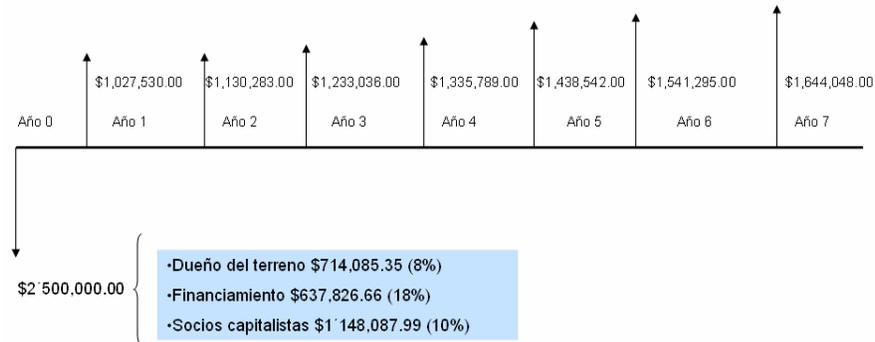
Con los datos anteriores realizaremos los siguientes cálculos:

Se calculará la TREMA de la inversión debido a que el financiamiento se obtuvo por más de una fuente:

⁹⁸ Para facilidad de análisis se supondrá que el costo y el precio de venta no incrementará a lo largo del periodo de evaluación

$$\text{TREMA} = \frac{(\$714,085.35 \times 0.08) + (\$637,826.66 \times 0.18) + (\$1,148,087.99 \times 0.10)}{\$2,500,000.00}$$

TREMA⁹⁹ del proyecto = 11.46%



Utilizando el criterio de *Pay Back* o periodo de recuperación tenemos que entre el 2do y el 3er año se recupera la inversión. Para calcular el periodo exacto interpolaremos.

Año	Flujo de Efectivo	Flujo de efectivo acumulado
0	-\$2,500,000.00	
1	\$1,027,530.00	\$1,027,530.00
2	\$1,130,283.00	\$2,157,813.00
3	\$1,233,036.00	\$3,390,849.00
4	\$1,335,789.00	\$4,726,638.00
5	\$1,438,542.00	\$6,165,180.00
6	\$1,541,295.00	\$7,706,475.00
7	\$1,644,048.00	\$9,350,523.00

$$\Sigma = \$9,350,523.00$$

La inversión se recupera a los 2 años y 101.29 días = 2.27 años

Criterio dinámico del Valor Presente Neto, utilizando una tasa de interés $i = 9\%$

$$\text{VPN}_1 = -\$2.5 + \frac{1.027}{(1.09)} + \frac{1.130}{(1.09)^2} + \frac{1.233}{(1.09)^3} + \frac{1.335}{(1.09)^4} + \frac{1.438}{(1.09)^5} + \frac{1.541}{(1.09)^6} + \frac{1.644}{(1.09)^7}$$

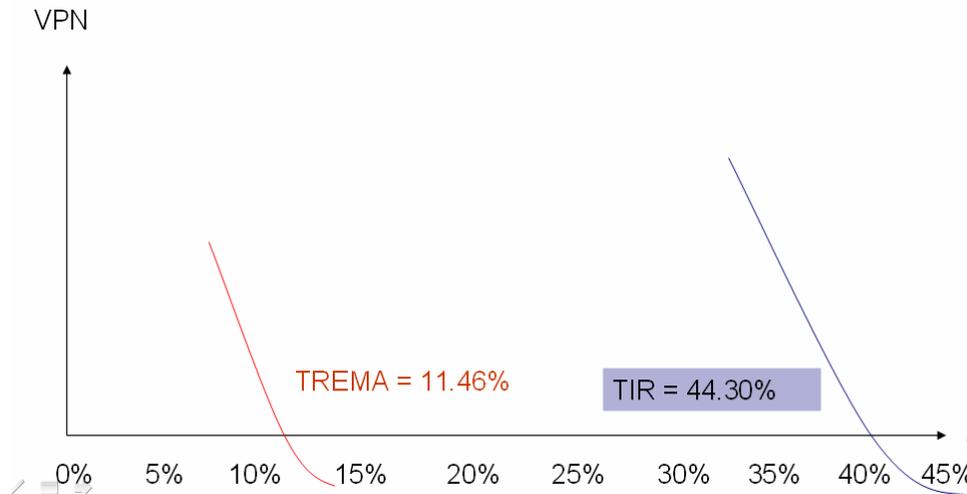
$$\text{VPN}_1 = \$3,711,733.30$$

Utilizando la representación de los flujos calcularemos la TIR:

$$\text{TIR} = 0 = -\$2.5 + \frac{1.027}{(1+i)} + \frac{1.130}{(1+i)^2} + \frac{1.233}{(1+i)^3} + \frac{1.335}{(1+i)^4} + \frac{1.438}{(1+i)^5} + \frac{1.541}{(1+i)^6} + \frac{1.644}{(1+i)^7}$$

TIR = 44.30%

Comparamos la TIR con la TREMA del proyecto y verificamos que la inversión genera más rendimientos que el costo del financiamiento.



4.10 Conclusiones y recomendaciones capitulares

La factibilidad económica de un concreto fabricado con microesfera como agregado es el tema central de este capítulo, sin embargo no debemos omitir que hay un beneficio financiero directo capaz de cuantificarse con bastante aproximación, al reducirse el peso de una estructura, se sigue un ahorro en el transporte y se facilitan las operaciones en el sitio de la construcción, hay menor fatiga humana y al mismo tiempo un incentivo mayor hacia la mecanización de los procesos de trabajo. Esta reducción en los costos de construcción debe ser considerada cuando se realicen los análisis financieros de las obras. Los agregados de peso ligero son usualmente más caros que los agregados normalmente utilizados para fabricar el concreto normal, este aumento en el costo puede ser compensado en algunos casos por menores costos en el transporte y en la mano de obra.

En el presente capítulo se busca ofrecer un análisis riguroso de las finanzas que se incurren en el proyecto de inversión planteado en el capítulo 1 de esta investigación, en donde se pudo verificar que los concretos que se han fabricado

⁹⁹ La tasa mínima necesaria para que el proyecto no pierda.

en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería son técnica y económicamente factibles para ser incorporados en la industria de la construcción de nuestro país. El costo de producción de este concreto está dentro del mercado de los concretos ligeros que se producen y comercializan actualmente en nuestro país. Para realizar el análisis económico se consideraron los principales indicadores financieros que nos permitieron medir la rentabilidad del proyecto en cuestión. Los resultados obtenidos en el presente capítulo nos presentan conclusiones alentadoras al proyecto de inversión. El estudio demuestra que la fabricación de concreto ligero utilizando microesfera como agregado produce una relación favorable entre el riesgo y la rentabilidad.

El estudio de mercado nos arrojó datos donde nos podemos dar cuenta que actualmente son muy pocas las obras donde se utilizan el concreto ligero en nuestro país, sin embargo este pequeño valor que obtuvimos de 9.72% por medio de la investigación directa (encuestas) comparado con la cantidad tan grande de concreto premezclado que se consume en México nos hace pensar sobre el enorme mercado y la potencialidad que existe en el concreto ligero.

No omito mencionar que ninguna evaluación económica, por completa que esta sea puede sustituir el juicio de personas experimentadas interesadas en los aspectos cuantitativos y en los no cuantitativos de las alternativas de inversión. Por lo que siempre será necesario saber interpretar los valores que nos arrojan los análisis económicos de los proyectos de inversión.

4.11 Bibliografía capitular

- a) Tesis relacionadas con el tema
 - CAMACHO GONZÁLEZ Héctor David, "El Análisis Beneficio Costo como instrumento de evaluación económica de políticas de gestión en la cuenca Lerma Chapala", Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, UNAM, 2005.
 - DZUL LÓPEZ Luis Alonso, "Gestión de los costos de la calidad en empresas constructoras", Tesis para obtener el grado de maestro en Ingeniería, UNAM, Febrero de 2004.

-
- PATRÓN ARELLANO Carlos, "Mecanismos de Financiamiento de Vivienda de Interés Social", Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería (Construcción), UNAM, 2004.
 - VENEROS SÁNCHEZ Francisco, "Ingeniería Financiera para la Consolidación de una empresa de agua potable y saneamiento caso: Colapsci-Habitacional", Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, UNAM, México 1996.
- b) Libros de consulta
- CANOVAS CORRAL Francisco, FAVELA LOZOYA Fernando, GIL VALDIVIA Emilio, "Administración en Ingeniería", Fundación para la Enseñanza de la Construcción, Tercera Edición México 1991.
 - GRANT Eugene, IRESON Grant, LEAVENWORTH Richard, "Principios de Ingeniería Económica", CIA Editorial Continental, Tercera Impresión, México 1982.
 - Nacional Financiera, Escuela de Empresarios, México 2005.
 - Nacional Financiera, "Guía para la formulación y evaluación de proyectos de inversión", México D.F.
 - NEWMAN Donald, "Análisis económico en Ingeniería", *Mc Graw Hill*, Segunda edición, México 1984.
 - SEPÚLVEDA José, SOUDER William, GOTTFRIED Byron, "Ingeniería Económica", *Mc Graw Hill*, Primera Edición, México 1985.
 - TAYLOR George, "Ingeniería Económica", Octava Reimpresión, Editorial, Limusa, México 1977.
 - THUESEN H.G, FABRICKY W, THUESEN G, "Ingeniería Económica", *Prentice-Hall* Hispanoamericana, Primera Edición, México 1989.
 - URIEGAS TORRES Carlos, "Análisis Económico de Sistemas en la Ingeniería", Editorial Limusa, Primera Edición, México 1987.
 - WHITE John, AGEE Marvin, CASE Kenneth, "Técnicas de análisis económico en ingeniería", Editorial Limusa, Primera Edición, México 1981.
-

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Índice Capitular:

5.1. Generalidades

5.2. Objetivos en las decisiones de Ingeniería

5.2.1. Proceso general de decisión

5.2.2. El sistema del proceso de decisión

5.2.2.1. Toma de decisiones bajo certeza supuesta

5.2.2.2. Toma de decisiones bajo riesgo

5.2.2.3. Toma de decisiones bajo incertidumbre

5.2.2.4. Decisiones secuenciales

5.2.2.5. Objetivos organizacionales para la toma administrativa de decisiones

5.2.2.6. Técnicas de administración más utilizadas en el proceso de toma de decisiones

5.3. Identificación de Alternativas

5.4. Clasificación de alternativas

5.4.1. Alternativas independientes

5.4.2. Alternativas dependientes

5.5. Evaluación de alternativas

5.5.1 Naturaleza de una decisión

5.5.2. Decisiones para proyectos

5.5.2.1. Decisiones para proyectar

5.6. Decisiones para seleccionar

5.6.1. La función de criterio

5.7. Análisis de la TIR de alternativas mutuamente excluyentes

5.8. Análisis de equilibrio

5.9. *Dumping*

5.10. Suposiciones al resolver problemas de análisis económico

5.11 Análisis de riesgo en la Toma de decisiones en Ingeniería

5.11.1 Riesgo/Incertidumbre

5.11.2 El Sistema de administración del Riesgo

5.12. Proceso de decisión para seleccionar una alternativa para la fabricación de un concreto ligero que cumpla con las características deseadas en la Industria de la construcción de nuestro país

5.12.1 Determinación de criterios

5.12.2 Asignación de valores a las alternativas

5.12.3 Asignación de valores a los criterios

5.12.4 Determinación de la función de criterio

5.13. Conclusiones capitulares

5.14. Bibliografía capitular

Introducción Capitular

- a) **Objetivo capitular:** Del capítulo anterior sabemos que las alternativas se pueden comparar de acuerdo con sus valores presentes netos y tasas internas de retorno. Ahora la selección de la propuesta preferible de un conjunto de alternativas dependerá de la estructura del conjunto, donde seleccionaremos la alternativa que más cumpla con los objetivos planteados.

- b) **Descripción:** Una vez que hemos terminado la actividad fundamentalmente creativa del proceso para solucionar el problema planteado. Concentraremos nuestra atención en una actividad que es puramente discriminatoria, fase cuya culminación es el surgimiento de la solución recomendada.
- c) **Técnicas y fuentes de información consultadas:**
Se consultó literatura especializada en análisis y en toma de decisiones, en ingeniería de proyectos y en análisis económico en Ingeniería. Se complementó la información con tesis relacionadas con la toma de decisiones y con conferencias con temas afines.
- d) **Limitaciones:**
Para una acertada toma de decisiones requerimos contar con datos confiables que nos ayuden a eliminar la mayor cantidad de incertidumbre. Dichos datos deben ser analizados detenidamente para que nos garanticen su veracidad y podamos aplicar con confianza la metodología para la toma de decisiones.

Desarrollo Capitular

5.1. Generalidades

Una de las dificultades más grandes a la que nos enfrentamos en un proyecto de inversión, está relacionada con la difícil decisión de tomar la alternativa correcta o mejor aún, la que más se adapte a las características y necesidades del proyecto en estudio. De dicha decisión dependerá mucho trabajo, esfuerzo y una gran cantidad de dinero. Por lo que la selección del criterio para juzgar cual es la mejor alternativa será el objetivo principal en este capítulo, y una vez que se ha elegido la solución al problema que se está analizando, se procederá a especificar los atributos físicos y las características de funcionamiento de la alternativa seleccionada, con el detalle suficiente para que las personas encargadas de su aprobación, creación física y operación puedan comprenderla claramente.

5.2 Objetivos en las decisiones de Ingeniería

La capacidad de decidir es uno de los atributos más altos del ser humano, y la calidad de las decisiones frecuentemente hace la diferencia entre el éxito el fracaso de un proyecto. El propósito del análisis de decisiones es proporcionar claridad para actuar. El análisis de decisiones es un procedimiento lógico que sirve para determinar y valorar los factores que afectan la decisión. El objetivo del análisis de decisiones en Ingeniería es que, al concluir el proceso de análisis, el Ingeniero tenga los elementos necesarios ante la naturaleza de la situación que enfrenta y el efecto de las acciones que puede emprender para sacar adelante el proyecto. Los objetivos involucran lo cualitativo y lo subjetivo, así como lo cuantitativo y objetivo. En estos casos, la teoría de decisiones debe aplicarse con madurez y perspicacia, así como una gran habilidad analítica y matemática.

5.2.1. Proceso general de decisión

No resulta fácil hacer generalizaciones acerca del proceso de tomar decisiones respecto a un proyecto de inversión, esto obedece a que la importancia relativa de las decisiones no es la misma para todos los casos, sino que depende de la naturaleza del problema en cuestión, de la complejidad y el grado de competencia de las soluciones. Pudiendo decirse que el proceso de decisión varía desde el más elaborado y exhaustivo, en el que son necesarias muchas mediciones, una amplia investigación, pronósticos y análisis comparativos de costos, hasta un simple razonamiento rápido e informal. Por lo anterior podemos identificar 4 pasos generales:

1. Seleccionar los criterios: Las bases que permiten seleccionar la mejor solución son los criterios, motivo por el cual deben definirse, cuando menos en términos generales, durante el análisis del problema. En muchos problemas el principal criterio es la ganancia sobre la inversión.
2. Predecir la efectividad de las diversas soluciones posibles: Una de las principales tareas del ingeniero es predecir satisfactoriamente la forma en que, bajo los criterios establecidos, se comportarán las diversas soluciones posibles. En muchos casos, estos pronósticos respecto al rendimiento de

cada una de las soluciones posibles, deberán cuantificarse en términos monetarios, cuando esto sea posible.

3. Comparar las efectividades pronosticadas de las diversas soluciones posibles: A fin de poder hacer lo que podríamos llamar una elección inteligente, es preciso que comparemos los rendimientos de las diversas soluciones posibles, con base en el criterio principal, entendiéndose con ello el criterio que deben satisfacer todas las soluciones, no subcriterios inherentes a las soluciones particulares mismas. Una manera de lograr lo anterior consiste en calcular la tasa de amortización de la inversión requerida y verificar la rapidez con que se recupera el dinero invertido.
4. Hacer una elección (optimización en el proyecto): La optimización involucra la búsqueda y adopción de decisiones, esta recomendación es especialmente aplicable a situaciones en que se depende principalmente de la inventiva para idear diversas soluciones posibles, cuando la evaluación de las mismas requiere de bastante tiempo y dinero.

5.2.2. El sistema del proceso de decisión

“Para realizar una toma de decisiones racional debe hacerse un esfuerzo para elegir la mejor alternativa de entre las alternativas factibles empleando un método lógico de análisis.”¹⁰⁰

El análisis incluye ocho elementos

1. Reconocimiento del problema. La consientización de que existe un problema es el primer paso para resolverlos.
2. Definición de la meta o objetivo que debe alcanzarse. ¿Cuál es la tarea?
3. Recopilación de los datos relevantes. ¿Cuáles son los hechos? ¿Es necesario reunir datos adicionales?
4. Identificación de las alternativas factibles. ¿Cuáles son las diferentes maneras prácticas de lograr el objetivo o la tarea?
5. Elección del criterio para juzgar la mejor alternativa.

¹⁰⁰ NEWMAN Donald, “Análisis económico en Ingeniería”, *Mc Graw Hill*, Segunda edición, México 1984, página 15.

6. Construcción de distintas interrelaciones o construcción del modelo matemático
7. Predicción de los resultados para cada alternativa
8. Elección de la mejor alternativa para lograr el objetivo.

La experiencia y el juicio también son importantes al definir los estados primarios para una situación de toma de decisiones y para el conjunto de alternativas factibles correspondientes.

5.2.2.1. Toma de decisiones bajo certeza supuesta

En muchas situaciones de toma de decisiones es razonable suponer que sólo es pertinente un estado y tomar entonces la decisión como si fuera cierta su ocurrencia.

5.2.2.2. Toma de decisiones bajo riesgo

Cuando el responsable decide considerar varios estados y las probabilidades de su presentación se enuncian explícitamente. En algunos problemas de decisión los valores de probabilidad se pueden conocer objetivamente consultando registros históricos o se pueden determinar mediante cálculos analíticos.

5.2.2.3. Toma de decisiones bajo incertidumbre

Una situación de decisión en que son posibles varios estados y no se dispone de suficiente información para asignar valores de probabilidad a su ocurrencia. Se puede argüir que cualquier persona que es capaz de definir los estados, debe poseer suficientes conocimientos para hacer por lo menos estimaciones subjetivas aproximadas de probabilidad para estos estados.

5.2.2.4. Decisiones secuenciales

En este caso se consideran situaciones que pueden requerir la toma de decisiones múltiples en forma secuencial como: Árbol de decisión, Teorema de probabilidad condicional, Valor de la información perfecta, valor de la información imperfecta, etc.

5.2.2.5. Objetivos organizacionales para la toma administrativa de decisiones

La visión, las metas y los objetivos, dan dirección a una organización y son la base para evaluar su desempeño, por lo que la gerencia debe asegurarse de que los objetivos de la compañía estén establecidos y comprendidos con claridad, a

fin de alcanzarlos de manera efectiva y eficiente. Los objetivos de la empresa debieran ser una parte integral de todo el proceso de la organización.

Objetivos fundamentales que debe buscar lograr cualquier empresa:

- Porcentaje de participación de mercado
- Innovación
- Productividad
- Obtención de recursos físicos y financieros
- Rentabilidad
- Desempeño y desarrollo gerencial
- Desempeño y actitudes de los trabajadores
- Responsabilidad pública

5.2.2.6. Técnicas de administración más utilizadas en el proceso de toma de decisiones

Las técnicas analíticas de administración más utilizadas pueden clasificarse en tres grandes grupos:

- Economía administrativa: Es la aplicación de los principios de la economía al proceso de toma de decisiones. Sus herramientas más comunes incluyen:
 - a) Análisis de punto de equilibrio
 - b) Análisis de la demanda de mercado
- Contabilidad administrativa: Está basada en la disciplina contable y sus principales herramientas son:
 - a) Análisis de razones y proporciones financieras
 - b) Análisis de fondos
 - c) Análisis de costos a la medida
- Ciencia administrativa: Proporciona a los administradores un marco de trabajo conceptual y técnicas basadas en conceptos cuantitativos, utilizando las siguientes herramientas:
 - a) Modelos determinísticos
 - b) Modelos probabilísticos
 - c) Simulación

5.3. Identificación de Alternativas

Una idea general para un proyecto particular evoluciona en un conjunto de alternativas; en dichas alternativas debemos considerar mediante una investigación más profunda y detallada su viabilidad, las consecuencias y la forma de implantar dichas soluciones, por lo que uno de los objetivos principales en la toma de decisiones es, desarrollar un conjunto de alternativas suficientemente completas que permitan llegar a la mejor solución posible en tiempo, forma y costo.

En ingeniería económica, una alternativa se define como:

“Una posibilidad de inversión, una tarea simple con un flujo de efectivo perceptible. Las alternativas varían desde no hacer nada, dejar intacto el flujo de efectivo existente, hasta proyectos muy elaborados y largos. Para la toma de decisiones en ingeniería económica con información, es necesario comprender la composición de una alternativa y su relación estructural con otras opciones de inversión¹⁰¹.”

5.4. Clasificación de alternativas

5.4.1. Alternativas independientes

Se presentan cuando la aceptación de una alternativa no tiene efecto en la aceptación de cualquier otra del conjunto de alternativas. Generalmente sucede cuando tenemos un capital ilimitado y están disponibles varias alternativas que pueden elegirse en cualquier combinación, por ejemplo la inversión en acciones de la bolsa de valores sería una buena inversión para una persona con suficiente capacidad económica.

5.4.2. Alternativas dependientes: Se presentan cuando las alternativas se relacionan de una manera que influyen en el proceso de selección. Esta dependencia existe entre alternativas mutuamente excluyentes y se obliga a una segunda dependencia cuando se puede seleccionar una alternativa sólo si, otra ya fue seleccionada. Dicha relación será clasificada como dependiente de contingencias. Las alternativas dependientes involucran aumentos en la demanda futura: En muchos proyectos de ingeniería y de negocios hay indicaciones claras de que las demandas futuras de productos o servicios sobrepasarán por mucho las

presentes. En dichos casos se presenta el problema de determinar si es más económico el proveer inmediatamente lo necesario para satisfacer toda la demanda futura previsible o el proveer sólo lo preciso para satisfacer las demandas inmediatas y hacer después provisiones adicionales en fechas posteriores.

5.5. Evaluación de alternativas

Las alternativas que evaluaremos son necesarias, ya que sin ellas sólo quedará un camino que seguir y no habrá posibilidad de escoger o decidir. Los beneficios que se piensan obtener están estrechamente ligados a las alternativas seleccionadas, es decir, cada beneficio es una función de su correspondiente alternativa y la dificultad de implementar cada alternativa deberá ser una de las pautas que se apliquen en el proceso de decisión para poder seleccionar la que más se adapte a las posibilidades del proyecto. Lo anterior queda representado con la siguiente ecuación:

$$Ad = f(An, Ba, Ia)$$

Donde:

- Ad = Alternativa seleccionada
- An = Conjunto de alternativas
- Ba = Beneficio obtenido de cada alternativa
- Ia = Dificultad de implementación

Podemos combinar el beneficio de cada alternativa con la dificultad de implementación a través de una tabla. En las columnas colocaremos los beneficios y en los renglones la dificultad de implementación.

	B1	B2	...	Bn
I1	B1 I1	B2 I1		Bn I1
I2	B1 I2	B2 I2		Bn I2
...
In	B1 In	B2 In		Bn In

¹⁰¹ RIGGS James, BEDWORTH David, RANDHAWA Sabah, "Ingeniería Económica", Cuarta Edición, Editorial Alfaomega, México 2002, página 201.

Los beneficios y la dificultad de implementación se combinan para obtener una valuación de las alternativas. Asignando ciertos valores numéricos a cada beneficio y a cada dificultad de implementación se puede obtener aquella alternativa que más se acerque a nuestras condiciones buscadas.

5.5.1 Naturaleza de una decisión: Existen dos tipos de elementos que deben ser tomados en cuenta para efectuar una decisión:

- Los elementos cuantificables: Tales como el precio, etc.
- Los elementos no cuantificables: Comodidad de usar determinada prenda.

No obstante, para poder efectuar una selección entre diferentes alternativas es necesario frecuentemente considerar los elementos cuantificables y los no cuantificables. La función debe considerar ambos elementos¹⁰²:

$$F_c = \sum(EC + ENC)$$

Si queremos lograr un objetivo, debemos buscar diferentes maneras de alcanzarlo y evaluar cual es la alternativa que se adapte mejor a las características de nuestro proyecto. Utilizando el lenguaje de la teoría de decisiones concluimos que existen varias estrategias para lograr el objetivo

5.5.2. Decisiones para proyectos: Existen dos tipos de decisiones que nos interesan dentro del marco de la ingeniería de proyectos:

5.5.2.1. Decisiones para proyectar: En este tipo de decisiones identificamos dos elementos:

- Elementos que se pueden controlar
- Elementos que no¹⁰³ se pueden controlar.

En la determinación de nuestras decisiones tendremos que tomar en cuenta tanto los elementos controlables como los no controlables, así como aquellos elementos que probablemente puedan afectar los resultados de un proyecto.

¹⁰² Se suman ambos elementos porque el conjunto representa la alternativa total o real.

¹⁰³ Algunos de los elementos no controlables pueden tratar de controlarse imponiendo ciertas restricciones, que no son siempre posibles o deseables.

Para llegar a la decisión más adecuada nos ayudaremos de una matriz de decisiones¹⁰⁴:

	N1	N2	N3	...	Nm
E1	R11	R12	R13	...	R1m
E2	R21	R22	R23	...	R2m
E3	R31	R32	R33	...	R3m
.
.
.
En	Rn1	Rn2	Rn3	...	Rnm

Donde:

- E1, E2, E3,..., En representa las diferentes estrategias que se pueden seguir.
- N1, N2, N3,..., Nm representa los distintos estados controlables que existen.
- R11, R12, R21, R22,..., Rnm representa los resultados obtenidos.

El modelo matricial describe en general

“un conjunto de alternativas disponibles en el que se va a escoger una sola alternativa en el momento actual. Esto implica que los resultados posibles de determinada alternativa no originan la necesidad de tomar decisiones subsecuentes en tiempos futuros.”¹⁰⁵

Estos resultados tienen su origen al seguir una estrategia determinada tomando en consideración los distintos estados. El procedimiento anterior permite formalizar un proyecto de manera tal que, una vez seleccionado nuestro objetivo, podemos escoger la estrategia adecuada para desarrollarla totalmente.

5.6. Decisiones para seleccionar

Cuando se muestran varias alternativas entre las cuales se deben seleccionar, es necesario implantar un patrón común contra el cual debemos evaluarlas, a fin de poder compararlas y optar por una de ellas. Este patrón es conocido comúnmente como criterio.

5.6.1. La función de criterio

Para poder comparar distintas alternativas, es necesario medirlas contra un patrón común, es decir un criterio. Por lo anterior representaremos a los

¹⁰⁴ Una matriz de decisiones permite establecer estrategias y estados para determinar los objetivos deseados.

¹⁰⁵ WHITE John, AGEE Marvin, CASE Kenneth, “Técnicas de análisis económico en ingeniería”, Editorial Limusa, Primera Edición, México 1981, página 418.

elementos "A como de orden científico y que podemos cuantificar de inmediato" y a los elementos "E como los que no pueden cuantificarse de inmediato y en algunos casos nunca pueden ser cuantificados" como criterios. Para poder cuantificar los criterios E, frecuentemente utilizamos un enfoque probabilística, expresado con la siguiente función de criterio:

$$F_c = \sum A_i X_i$$

Donde:

- A_i = al peso o valor dado a cada alternativa
- X_i = al peso o valor dado a cada criterio

El objetivo principal de seleccionar entre diferentes alternativas, debe ser encontrar aquella solución al problema que satisfaga más ampliamente los requisitos establecidos en el proyecto. Estos requisitos son los criterios que se usan en la selección; es decir, la función F_c debe ser máxima o mínima, según los siguientes casos.

- Si buscamos "eficiencia" trataremos que la función sea máxima:

$$F_c = \sum A_i X_i$$

(máxima)

- Si buscamos "costo" la función deberá ser mínima:

$$F_c = \sum A_i X_i$$

(mínima)

Por lo anterior plantearemos las siguientes especificaciones precisas a los criterios de selección.

- Cuando el objetivo sea un costo mínimo utilizaremos una F_c mínima
- Cuando busquemos una economía máxima la F_c considerada debe ser máxima

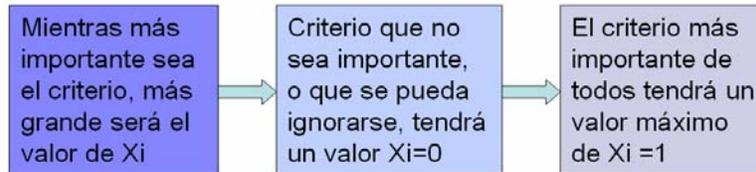
Los valores A_i y X_i tienen ciertas restricciones que permiten comparar con mayor eficiencia las alternativas; el peso de las alternativas deberá estar comprendido entre cero y uno.

$$0 < A_i < 1 \quad \text{y} \quad \sum A_i = 1$$

Los requisitos para los valores de los criterios son semejantes, aunque no todos los criterios tienen el mismo peso. Los valores X_i estarán considerados entre:

$$0 < X_i < 1$$

La asignación de valores de X_i se hará de la siguiente manera:



Para la alternativa 1 la función de criterio tomará la siguiente forma:

$$F_{C_1} = \Sigma(A_1X_1+A_1X_2+A_1X_3+\dots+A_iX_i)$$

Para la alternativa 2:

$$F_{C_2} = \Sigma(A_2X_1+A_2X_2+A_2X_3+\dots+A_iX_i)$$

Y así sucesivamente para cada alternativa.

Una vez evaluadas todas las alternativas, se comparan las distintas F_c obtenidas y aquella que tenga el valor máximo o mínimo, según nuestro enfoque, es la que representa la alternativa que habremos de escoger. La selección de los criterios deberá hacerse con especial cuidado para estar seguros de que la función de criterio representa el verdadero valor de cada alternativa, será necesario también asignar los valores de A_i según un razonamiento adecuado revisándolo cuantas veces sea necesario y modificando conjuntamente los valores de A_i hasta alcanzar la estabilidad en cada criterio, asegurando así la representación más adecuada de cada alternativa.

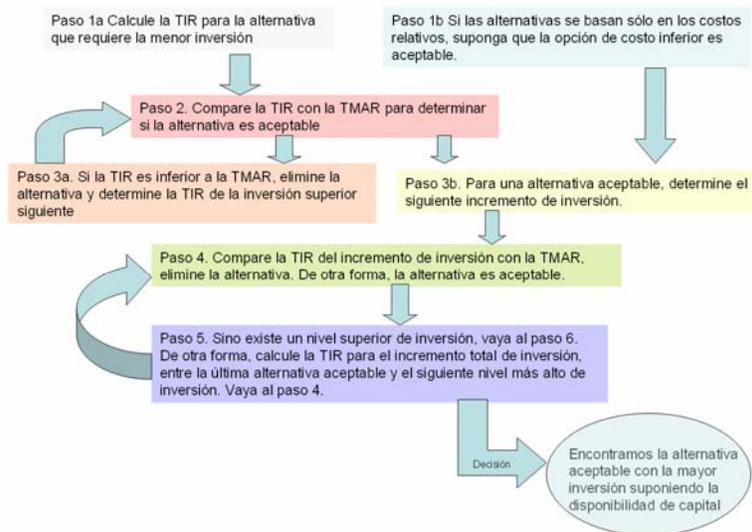
5.7. Análisis de la TIR de alternativas mutuamente excluyentes

El propósito de un análisis de flujo de efectivo es colocar todas las alternativas en competencia en una perspectiva de inversión comparable. La alternativa con el futuro más promisorio a partir de una evaluación se compara con las alternativas ganadoras de otras evaluaciones, donde las consideraciones intangibles y financieras se vuelven esenciales. Los siguientes criterios de

selección que son muy utilizados en los proyectos de inversión algunas ocasiones pueden conducir a conclusiones inexactas:

- Seleccionar la alternativa que ofrezca la tasa de retorno más alta sobre la inversión total.
- Seleccionar la alternativa con la inversión más grande que satisfaga la tasa de retorno mínima requerida.

Por lo que utilizaremos un procedimiento para la toma de decisiones que evite una selección de una alternativa sesgada o inexacta utilizando el siguiente diagrama de flujo.



Nota: El paso 1b, la opción de más bajo costo puede ser la opción de no hacer nada si se permite.

Figura 45. Proceso para evaluar alternativas mutuamente excluyentes cuando se requiere TMAR.

El procedimiento supone de manera implícita que cualquier tamaño de inversión es posible.

5.8. Análisis de equilibrio

Los análisis de equilibrio fijan su atención en las relaciones costo-volumen-beneficio que ocupan en corto plazo. En un periodo largo, las relaciones se alteran debido a factores internos (nuevos productos, medios de producción, etc.) e impactos externos (competencias, estado de la economía general, etc.). En el análisis de equilibrio, los costos e ingresos se expresan como una función de tasas de producción. Las relaciones costo-ingreso-beneficio se exponen desglosando una unidad de salida en sus valores. Hay básicamente tres formas de aumentar la ganancia:

1. Subir el precio de venta
2. Incrementar el volumen de ventas
3. Disminuir el precio de venta para elevar las ventas

Las descripciones de expansión de la ganancia están orientadas a los intereses de los consumidores. Las utilidades se vuelven más complicadas cuando las consideramos desde el punto de vista del productor

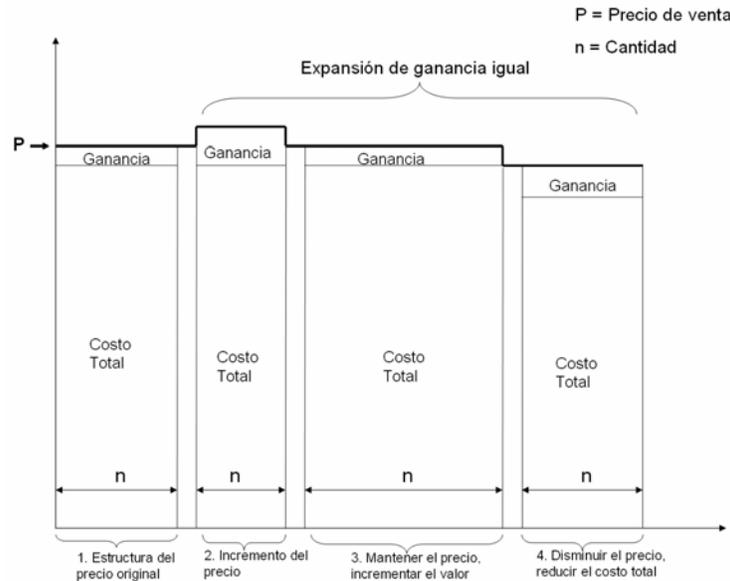


Figura 46. Métodos para la ganancia expansible

La ganancia es la diferencia entre el ingreso y el costo total (cuando el ingreso supera a los costos). Las áreas de ganancia 2,3 y 4 son iguales o mayores que la correspondiente a 1. Los peligros y limitaciones de los métodos de expansión se describen a continuación:

- Precio de venta incrementado: Los servicios o productos de la competencia fijan un límite superior a los aumentos de precio. Este límite es controlado finalmente por los consumidores. Su buena voluntad de pagar es una función del valor que ellos esperan recibir y su lealtad a un producto. Precios más altos que los de la competencia de valor equivalente reducirá el número de unidades vendidas. La contracción en las acciones del mercado, con el tiempo causa una baja en la ganancia total.

- Precio de venta sin variación: Una forma de incrementar las utilidades sin cambiar el precio de venta, es vender más unidades incrementando el volumen. El mayor valor percibido por el consumidor puede resultar de mejor calidad, más cantidad, o publicidad más eficaz. Todas estas medidas aumentan el costo total del fabricante. El costo total más alto conduce a un margen menor de ganancia por unidad vendida. Si el mercado es inestable, un margen de ganancia muy bajo puede limitar seriamente los poderes de recuperación durante las fluctuaciones del mercado.

No debemos olvidar que existen algunas situaciones donde es factible obtener una disminución del riesgo por aumento en la inversión, es decir se pueden disminuir las pérdidas futuras debidas a riesgos naturales aumentando el monto de capital que se invierte.

5.9 *Dumping*¹⁰⁶

Ocurre cuando un fabricante vende una parte de la producción n a un precio de venta P , y la producción restante n' a un precio de venta más bajo P' . Esto puede realizarse vendiendo a mercados extranjeros a un precio menor u ofreciendo el mismo producto a diferentes precios bajo distintos nombres.

“La economía del *dumping* está basada en el hecho de que en casi todas las empresas se tienen costos fijos. Cuando una planta está operando a capacidad reducida, un aumento moderado en la producción no afecta los costos fijos. Como resultado, estos incrementos adicionales de producción serán en realidad menos costosos de producir que los otros¹⁰⁷.”

5.10 Suposiciones al resolver problemas de análisis económico

- Convención de fin de año: En los problemas, por lo general, se supone que todos los pagos o desembolsos ocurren al final del periodo de interés.

¹⁰⁶ Existen muchos peligros de esta práctica, pero si la estrategia funciona, la ganancia aumenta debido a la utilización incrementada de la planta.

¹⁰⁷ DE GARMO Paul, CANADA John, “*Ingeniería Económica*”, Compañía Editorial Continental, Quinta Impresión, México 1984, Pag 373.

- Punto de vista de los estudios de análisis económico: Cuando se hacen los cálculos para un análisis económico, es necesario partir de un punto de referencia.
- Costos de amortización: Se sabe que para un análisis económico los datos relevantes son las diferencias entre las alternativas. Los costos pasados no afectan al presente o el futuro así que se hace referencia a ellos como costos de amortización y se dejan de lado.
- Punto de vista del dinero tomado como préstamo: La suposición convencional en los problemas de análisis económico consiste en que el dinero requerido se pide prestado, con esta suposición, es razonable usar la tasa de interés sobre el préstamo como la tasa de interés en el análisis económico.
- Efecto de la inflación y la deflación:
- Impuestos sobre la renta:

5.11 Análisis de riesgo en la Toma de decisiones en Ingeniería

Los proyectos de ingeniería traen consigo situaciones de toma de decisiones en que intervienen el riesgo y la incertidumbre. El resultado de cualquier decisión económica esta sujeta a un entorno de influencia incontrolable, mientras mayor tiempo nos tome en planear un horizonte, mayor es la posibilidad de resultados al azar.

5.11.1 Riesgo/Incertidumbre

“En evaluación de Proyectos, la relación que mantienen estos elementos (incertidumbre y pérdida) con el riesgo, siempre ha estado asociada con el rechazo o adopción del proyecto, ya que si se determina que al llevar a cabo el proyecto, en lugar de beneficios sólo se tendrán pérdidas, el inversionista optará por rechazar el proyecto. Si por el otro lado, el inversionista no cuenta con la información suficiente para determinar si los resultados estimados son los adecuados, optará por posponer la inversión o en última instancia rechazar un posible buen proyecto. Una mejor información reduce la incertidumbre, mejora los riesgos subjetivos estimados y conduce a mejores decisiones. Por lo tanto, mientras más información se tenga sobre

algún posible evento, mayor será la posibilidad o la capacidad de reducir el riesgo¹⁰⁸”

5.11.2 El Sistema de administración del Riesgo

Una decisión consiste en dar solución a un problema específico. Las características esenciales de una situación de decisión son:

- Un objetivo: En una situación de decisión siempre existe el deseo de alcanzar alguna meta.
- Cursos de acción alternativos: En una situación de decisión existen varias formas de realizar el objetivo. Cuando se presentan diversas alternativas, éstas pueden implicar costos diferentes y probabilidades de éxito
- Factores importantes: En una situación de decisión hay una diversidad de factores que no son igualmente importantes para las distintas alternativas. Los factores pueden ser económicos, técnicos, personales, sociales, etc.

5.12. Proceso de decisión para seleccionar una alternativa para la fabricación de un concreto ligero que cumpla con las características deseadas en la Industria de la construcción de nuestro país

El problema a estudiar fue la fabricación de un concreto ligero que cumpliera con los estándares y las características que se aplican el día de hoy en la industria de la construcción en nuestro país. Se diseñaron tres mezclas de concreto ligero en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la UNAM con las siguientes características y costos:

Mezcla 1:

- Peso Volumétrico: 1,900 Kg./m³
- Resistencia a compresión a 14 días: 136.64 Kg./cm.²
- Prueba de revenimiento: 25 cm.
- Resistencia a tensión a 14 días: 15 Kg./cm.²
- Costo: \$2,014.79

¹⁰⁸ ORDAZ AGUILAR Erubiel, “Optimización de riesgo factorial”, Tesis para obtener el grado de

Mezcla 2:

- Peso Volumétrico: 1,800 Kg./m³
- Resistencia a compresión a 14 días: 196.36 Kg./cm.²
- Prueba de revenimiento: 5 cm.
- Resistencia a tensión a 14 días: 20 Kg./cm.²
- Costo: \$2,149.67

Mezcla 3:

- Peso Volumétrico: 1,480 Kg./m³
- Resistencia a compresión a 14 días: 60 Kg./cm.²
- Prueba de revenimiento: 20 cm.
- Resistencia a tensión a 14 días: 7 Kg./cm.²
- Costo: \$2,282.44

5.12.1 Determinación de criterios

Se usarán los siguientes criterios:

- Costo: El menor costo para su fabricación es, un primer criterio, aunque no es necesariamente el más importante, ni el único.
- Resistencia a la compresión: Se buscará el diseño de mezcla que tenga la mayor resistencia a la compresión, probada en especímenes según las pruebas establecidas en las normas.
- Peso volumétrico: Se buscará que la mezcla tenga la mejor relación peso volumétrico vs resistencia.
- Trabajabilidad del concreto: La prueba de revenimiento nos permite conocer la trabajabilidad que tendrá el concreto cuando sea colocado, manejado y compactado.

5.12.2 Asignación de valores a las alternativas

Asignaremos valores a cada alternativa efectuando un razonamiento lógico. En las tablas siguientes observaremos que los valores se van modificando en cada tabla de acuerdo con los razonamientos realizados. A medida que encontremos

nuevos argumentos sobre cada uno de los criterios modificaremos los valores hasta que, por no existir más argumentos válidos o confiables, los valores se estabilizan.

Criterio	M1	M2	M3	Razonamiento
C1: Costo	0.5	0.3	0.2	La mezcla 1 es la que se fabrica más económicamente
C2: Resistencia a la compresión	0.3	0.5	0.2	La mezcla 2 es la que presenta la mejor resistencia a la compresión
C3: Peso volumétrico	0.2	0.3	0.5	La mezcla 3 es la que presenta el menor peso volumétrico.
C4: Trabajabilidad del concreto	0.5	0.2	0.3	La mezcla 1 es la que presenta el mayor revenimiento

Tabla. Primera iteración de valores para cada alternativa¹⁰⁹

Criterio	M1	M2	M3	Razonamiento
C1: Costo	0.5	0.3	0.2	Idéntico al anterior
C2: Resistencia a la compresión	0.3	0.5	0.2	Idéntico al anterior
C3: Peso volumétrico	0.2	0.5	0.3	La mezcla 3 es la que presenta el menor peso volumétrico, sin embargo su baja resistencia hace que no sea una relación óptima. (densidad vs resistencia)
C4: Trabajabilidad del concreto	0.4	0.3	0.3	Un alto revenimiento no siempre es prueba fiel de buena manejabilidad. Existen aditivos que pueden incrementar la fluidez sin afectar la resistencia.

Tabla. Segunda iteración de valores para cada alternativa

En nuestro caso realizamos 2 iteraciones para estabilizar los valores.

5.12.3 Asignación de valores a los criterios

Similarmente al proceso anterior para determinar los valores de las alternativas, se asignarán valores a los criterios. Recordemos que $\sum A_i = 1$, pero la suma de los valores de X_i no tiene que ser necesariamente igual a 1.

Criterio	X_i	Razonamiento
C1: Costo	0.8	El precio es importante para su adquisición. A menor costo, mayor probabilidad de adquisición.
C2: Resistencia a la compresión	0.9	La resistencia a compresión en un concreto ligero es un parámetro muy importante, ya que dependiendo de su uso, algunas estructuras necesitan cumplir con un mínimo de resistencia.
C3: Peso volumétrico	0.7	La densidad del concreto ligero es un parámetro importante, ya que su uso incita a estructuras de menor peso.
C4: Trabajabilidad del concreto	0.3	La trabajabilidad del concreto es un parámetro importante, sin embargo actualmente existen aditivos que pueden inducir una mayor fluidez

Tabla. Primera iteración de valores para cada alternativa

Criterio	X_i	Razonamiento
C1: Costo	0.8	Igual al anterior
C2: Resistencia a la compresión	0.9	Igual al anterior
C3: Peso volumétrico	0.7	Igual al anterior
C4: Trabajabilidad del concreto	0.2	La fluidez puede inducirse con aditivos sin que las características del concreto se modifiquen.

Tabla. Segunda iteración de valores para cada alternativa

5.12.4 Determinación de la función de criterio

Para finalizar elaboraremos una tabla para efectuar los cálculos necesarios que nos permita seleccionar aquella alternativa que se adecue más a nuestras necesidades.

Criterio	X_i	A_1	A_1X_1	A_2	A_2X_i	A_3	A_3X_i
C1: Costo	0.80	0.50	0.40	0.30	0.24	0.20	0.16
C2: Resistencia a la compresión	0.90	0.30	0.27	0.50	0.45	0.20	0.18
C3: Peso volumétrico	0.70	0.20	0.14	0.50	0.35	0.30	0.21
C4: Trabajabilidad del concreto	0.20	0.40	0.08	0.30	0.06	0.30	0.06
Función de criterio $\Sigma= A_iX_i$			0.89		1.10		0.61

Funciones de criterio de cada alternativa

En la tabla anterior podemos observar que la función de criterio para la alternativa A_2 , es decir la mezcla 2, tiene el valor de F_c mayor, es, por tanto, la alternativa más adecuada en base a todos los criterios expresados. Nuestra selección debe ir encaminada hacia la alternativa de la mezcla 2.

5.13 Conclusiones capitulares

Debido a la gran diversidad y complejidad de los problemas en los que los ingenieros estamos inmersos, resulta difícil establecer un método general para tomar decisiones; sin embargo, los ingenieros debemos ayudarnos de todas las habilidades desarrolladas en las aulas, e incluyendo el criterio especializado y altamente desarrollado que nos permita seleccionar la alternativa que cumpla con las mejores características del proyecto en cuestión.

¹⁰⁹ En la primer iteración se asignan los valores de 0.5, 0.3 y 0.2 exclusivamente, dependiendo del comportamiento de cada mezcla.

En este capítulo hemos analizado mediante una metodología para toma de decisiones la mejor manera de seleccionar la alternativa más adecuada, de un conjunto de alternativas factibles para un proyecto de inversión; a partir de generar una serie de razonamientos de cada alternativa que podrían ser adecuadas o no, para el proyecto que se está estudiando.

Empleamos una técnica que nos ayudó a identificar y obtener mayor eficacia de la alternativa seleccionada. Durante el planteamiento de la asignación de valores de cada alternativa y de la determinación de la función de criterio buscaremos acercarnos lo más posible a la realidad técnica - económica del concreto ligero en estudio, sin descuidar las necesidades establecidas en el capítulo 1 de esta investigación.

La utilización de este tipo de procedimientos permitirá obtener resultados más adecuados en los proyectos que se desarrollan en las obras de ingeniería. Una vez que utilizamos estos métodos de estudio para identificar las posibles alternativas a emplear para un proyecto de inversión, podremos tomar decisiones con mayor rapidez y con una mayor certeza de que la decisión tomada fue la adecuada o la que más cumplió con los objetivos de proyecto. Esta certeza o grado de confiabilidad de una decisión, interviene en una gran cantidad de proyectos de ingeniería y asegura una mejor asignación de los recursos que se aplicarán a un proyecto de inversión y con ello se podrá vislumbrar un escenario de éxito en la rentabilidad financiera del proyecto donde se aplicaran los recursos.

Si bien este estudio puede contribuir significativamente a cuantificar los beneficios y deficiencias de cada alternativa, el objetivo final de este proceso es identificar que propuesta es la que cumple en mayor medida con los objetivos planteados al principio de la investigación.

Por lo , por lo que es recomendable enfatizar que los resultados que aquí se muestran fueron obtenidos mediante el análisis de los tres diseños de mezcla realizados, pero es factible que otros diseños de mezcla puedan generar resultados diferentes al fabricar concreto ligero empleando microesfera como agregado.

5.14 Bibliografía capitular

- a) Tesis relacionadas con el tema
- ORDAZ AGUILAR Erubiel, "Optimización de riesgo factorial", Tesis para obtener el grado de maestro en Ingeniería, UNAM, México 2004.
- b) Libros de consulta
- BATTERSBY Albert, "Planificación y Programación de Proyectos Complejos", Ediciones Ariel, España 1970.
 - CORZO Miguel Ángel, "Introducción a la Ingeniería de Proyectos", Editorial Limusa, Cuarta Reimpresión, México 1979.
 - DE COS CASTILLOS Manuel, "Dirección de Proyectos", Universidad Politécnica de Madrid, España 1989.
 - DE GARMO Paul, CANADA John, "Ingeniería Económica", Compañía Editorial Continental, Quinta Impresión, México 1984.
 - DIXON John, "Diseño en Ingeniería Inventiva y Análisis y Toma de decisiones", Editorial Limusa, Primera reimpresión corregida, México 1979.
 - NEWMAN Donald, "Análisis económico en Ingeniería", *Mc Graw Hill*, Segunda edición, México 1984.
 - RIGGS James, BEDWORTH David, RANDHAWA Sabah, "Ingeniería Económica", Cuarta Edición, Editorial Alfaomega, México 2002.
 - SUMANTH David, "Administración para la productividad total", Compañía Editorial Continental, Primera Reimpresión México 2001.
 - TARQUIN Anthony, BLANK Leland, "Ingeniería Económica", *Mc Graw Hill*, Primera Edición, México 1978.
 - TAYLOR Frederick, "Management Científico", Ediciones Oikos Tau, Barcelona España, 1970.
 - WHITE John, AGEE Marvin, CASE Kenneth, "Técnicas de análisis económico en ingeniería", Editorial Limusa, Primera Edición, México 1981.

c) Conferencias

- LEY BORRÁS Roberto, "Análisis de Decisiones: La Ingeniería Industrial para el Directivo", Colegio Nacional de Ingenieros Industriales, VII Congreso Nacional de Ingeniería Industrial, Palacio de Minería, México D.F . 13 de Noviembre de 2003.

CONCLUSIONES

En la actualidad, países con economías en vías de desarrollo como la de México buscan continuamente la manera de mejorar su posición ante el cada vez más competido mercado mundial. Ante esta nueva dinámica global, México parece quedar cada vez más rezagado. El retraso tecnológico de la planta productiva nacional es muy evidente; economías con la que podríamos compararnos; por ejemplo, la economía brasileña destinan el 0.9 % del Producto Interno Bruto (PIB) a la inversión en Ciencia y Tecnología mientras que México destina apenas el 0.4% del PIB a la inversión en Ciencia y Tecnología. Los resultados ante esta escasa inversión se reflejan en la capacidad del país para generar productos y servicios que puedan considerarse como innovaciones. Reflejo de lo anterior, es el bajo registro de patentes en materia de innovaciones que se someten ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Por lo anterior considero que será muy importante para nuestro desarrollo económico que se sigan promoviendo acciones para lograr que la innovación y el desarrollo tecnológico impulsen el crecimiento de la economía y la productividad de la industria, así como la generación de una mayor cantidad de incentivos que permitan que cada día se promueva más la inversión en investigación y en desarrollo de tecnología. La mayoría de las instituciones de investigación y enseñanza superior de nuestro país, están suficientemente capacitadas para llevar a cabo trabajos interdisciplinarios que promuevan el desarrollo tecnológico del país, sin embargo es muy importante que se mejoren los apoyos a dichas instituciones y que se busque a su vez, la creación de nuevos centros de investigación y desarrollo tecnológico que puedan en conjunto con las instituciones ya existentes propiciar el desarrollo de la ciencia y la tecnología en México.

Por otro lado, no debemos olvidar que el proceso de industrialización en México, ha generado crecientes requerimientos de tecnología en nuestro país, que por muchos años han sido cubiertos en gran medida por la vía de la importación, a

través del uso de tal tecnología; se han tenido algunas oportunidades de aprender de ella y eventualmente ofrecer una tecnología local alternativa que se ha adaptado a los requerimientos existentes de nuestra industria. La necesidad de tecnología surgió en México cuando la misma tecnología ya existía en países avanzados tecnológicamente, ello hizo que los países como México importaran tecnología y que a su vez emprendieran un proceso de desarrollo tecnológico largo, costoso e incierto. De lo anterior se puede concluir que a mayor grado de dependencia tecnológica corresponderá una menor probabilidad de que los laboratorios científicos, las firmas de ingeniería y los centros de investigación aprendan mediante su experiencia.

Las empresas medianas y pequeñas, en particular las productoras de bienes no duraderos, tienen poca capacidad técnica para detectar sus necesidades tecnológicas y transformarlas en demanda. En México el nivel tecnológicamente avanzado se compone de un reducido número de empresas grandes. Esa falta de capacidad tecnológica ha provocado que las empresas importen con frecuencia diseños básicos y servicios de asesoría para decidir cuestiones como la selección de materiales y de métodos de producción, entre otras cosas. La aportación tecnológica extranjera en nuestro país es elevada y muy costosa. Por lo que creo que debemos buscar que en nuestro país se impulse la capacidad para generar ciencia y tecnologías propias, esto debe llegar a ser parte integral de la cultura nacional. Así mismo, debemos aprender de otras economías, el impacto positivo directo de la inversión en ciencia y tecnología, sobre la productividad y la competitividad, sobre el ingreso per cápita y sobre las condiciones de bienestar social para la población. Así mismo, para revertir nuestro retraso tecnológico; uno de los factores prioritarios en nuestro país deberá ser buscar establecer alianzas estratégicas entre las empresas privadas mexicanas y las grandes empresas del Estado, con las instituciones de investigación y desarrollo tecnológico de nuestro país; para que en conjunto se fijen metas cuantificables que permitan fortalecer su presencia en la economía interna y a su vez se

desarrollen ventajas competitivas en el mercado mundial, impulsando sobre todo; articular sinergia entre ciencia, tecnología e ingeniería.

En el segundo capítulo analizamos como el estudio de mercado es parte fundamental de todo proyecto de inversión por lo que debemos dedicarle un gran esfuerzo a investigar y a analizar los resultados que se generen y se obtengan. Este estudio nos llevará a tomar la primer decisión de que producir y para conocer lo que necesitan y lo que pedirán nuestros futuros clientes. Estudiamos como la respuesta rápida a las demandas del mercado se ha convertido en una ventaja competitiva poderosa y sostenible para cualquier empresa. Hoy en día, el tiempo es un factor fundamental y dominante en la competencia del mercado. Ya no basta con ser un productor de alta calidad y de bajo costo. Para tener éxito se necesita también ser el primero en hacer llegar productos y servicios a los clientes. En la actualidad, la competitividad es cada vez más exigente, ya que para los diferentes segmentos de que está compuesto el mercado, las exigencias en cuanto a la calidad, precio, tiempo de entrega y calidad en el servicio, son cada vez más estrictas.

El estudio de mercado realizado nos arrojó datos muy significativos, principalmente sobre la importante inversión en el sector de la infraestructura, especialmente en vivienda, que se necesita realizar en nuestro país para los próximos años; inversión que supera los 16,000 millones de dólares anuales. Esta importante inversión va de la mano con el futuro y el crecimiento de la industria del cemento y del concreto para los años siguientes. Para realizar una estimación del comportamiento del mercado del concreto ligero en estudio, se utilizaron los datos que nos arroja la Asociación Mexicana del Concreto Premezclado (AMIC), donde pudimos observar el vertiginoso avance que se ha tenido en esta industria en los últimos años, donde en el año 2001 se fabricaron a nivel nacional 13'848,746 metros cúbicos de concreto premezclado y en el año 2005 la producción ya superaba los 20'567,710 metros cúbicos de concreto premezclado; 48.5% de incremento en la producción del 2001 al 2005. Así mismo, la AMIC nos

indica que de los 20´567,710 de metros cúbicos de concreto premezclado producidos en todo el país en el 2005, 3´523,769 metros cúbicos corresponden a la producción del Distrito Federal (17.13%). Con este último dato obtuvimos la proyección de nuestro mercado al suponer en base a los datos obtenidos en las encuestas realizadas, que el 9.72% de esta producción correspondía al concreto ligero. Con los valores obtenidos supusimos el comportamiento del mercado del concreto ligero en el Distrito Federal para nuestro proyecto en estudio.

En la realización de la investigación secundaria (encuestas) en la asamblea mensual del *American Concrete Institute* Sección Centro y Sur de México se obtuvieron datos muy significativos que nos hacen suponer un amplio mercado en la industria del concreto ligero. Dicha investigación está ampliamente sustentada por la calidad y experiencia que tienen los encuestados y que nos permitió realizar el pronóstico del comportamiento del mercado de concreto ligero para nuestro estudio.

La información anterior nos sirve como base para concluir que el futuro del mercado del concreto ligero tiende a ser cada vez mejor; aunado a que cada día se le incorporan nuevos aditivos o agregados que al ser dosificados adecuadamente se pueden llegar a fabricar concretos ligeros con mejor desempeño y con características deseables para la industria de la construcción. Si bien, dichas cifras nos demuestran un benéfico panorama del mercado para el concreto premezclado en general, también lo puede ser para el concreto ligero. En cuanto al precio del concreto ligero que es fabricado en nuestro país, podemos comentar que en muchas obras es justificable ya que si se realiza un análisis costo-beneficio del proyecto completo, se comprueba que con un poco de mayor inversión se obtienen propiedades que evitan la utilización de otros materiales o reducen el costo de la obra.

En el tercer capítulo pudimos analizar como en la actualidad los ingenieros estamos capacitados para mejorar o modificar algunas de las tecnologías

existentes dentro de algunas áreas específicas. Empleando materiales innovadores que permitan incrementar las características de un producto y donde podemos buscar que los resultados alcanzados produzcan beneficios económicos a corto, mediano y largo plazo. El desarrollo de nuevas tecnologías, permiten cambios drásticos en uno o en varios de los mecanismos importantes de un proceso existente. Por lo que cuando los ingenieros nos fijamos como objetivos la eficiencia técnica, debemos plantearnos la siguiente pregunta: ¿Puede hacerse un diseño mejor del producto existente? y en este tema de investigación la pregunta a resolver fue:

- ¿Puede fabricarse un concreto más ligero y más versátil que los concretos ligeros que se comercializan en nuestro país?

Para responder a la pregunta anterior, en el cuarto capítulo realizamos el análisis de la ingeniería económica donde observamos que se ocupa principalmente de comparar proyectos alternativos en base a una medida económica de la efectividad. A cada proyecto por lo general se le asocia una inversión inicial no recurrente, los gastos recurrentes de operación y los ingresos posibles, así como un valor futuro de recuperación. Al realizar los análisis técnicos y económicos de este proyecto de inversión se obtuvieron datos muy alentadores que permitieron concluir que la investigación que se ha realizado en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la UNAM referente a los concretos ligeros es factible económicamente para ser utilizada en la industria de la construcción de nuestro país. Los resultados técnicos muestran concretos ligeros que inclusive pueden ser considerados del tipo de concreto ligero estructural superando los 176 Kg./cm² que marca la norma ASTM C 330-77, así como los resultados de factibilidad económica demuestran que el costo de fabricación del concreto fabricado en la UNAM puede ser muy competitivo con los concretos ligeros que se producen actualmente en nuestro país.

Los ensayos de laboratorio permitieron demostrar las bondades del concreto en estudio, sin embargo existieron pruebas de laboratorio que se salieron de los

alcances de este trabajo de investigación y que sería de mucho provecho saber su comportamiento. Entre las pruebas que se propone se realicen están:

- Prueba de resistencia al fuego
- Prueba de resistencia a los rayos gama (γ)

Al realizar el estudio de factibilidad pudimos darnos cuenta si lo que estamos produciendo podrá ser competitivo en el mercado, conoceremos si la gente lo adquirirá y definiremos si nuestra inversión nos generará ganancias o pérdidas. Para la realización del estudio económico se realizó una proyección financiera proponiendo una inversión de \$2 500,000.00 de pesos a través de una empresa que producirá nuestro concreto en estudio. Se realizó una corrida financiera con un tiempo de vida del proyecto de 7 años para verificar su rentabilidad. La proyección financiera es un cálculo que servirá para identificar como podría ser la situación futura de la economía del proyecto de inversión. Los cálculos deberán realizarse tomando como base los datos que se han obtenido previamente y será uno de los aspectos más importantes del estudio de factibilidad, pues nos indicará si el proyecto será sostenible económicamente y de aquí podremos calcular cuales serán las utilidades o ganancias esperadas del proyecto. Para realizar la evaluación económica se identificó el flujo de efectivo del proyecto como objeto específico del análisis económico para poder realizar una comparación de las alternativas de inversión y una vez que se cuenta con resultados concretos sobre rentabilidad se llega a la conclusión que es un proyecto de inversión económicamente factible al aplicar los métodos de rentabilidad financiera del Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno y el del Periodo de Recuperación.

Los requerimientos de capital de trabajo utilizados están en función del volumen de ventas, costos de producción, inflación y plazos de pago. Por todo lo anterior se puede concluir que el proyecto de inversión de un concreto ligero fabricado a base de microesfera satisface muy favorablemente la rentabilidad del proyecto de inversión. Los cálculos planteados por los esquemas propuestos nos indican

que es económicamente conveniente llevar a cabo el proyecto de inversión. No obstante, no debemos omitir que en varios casos los resultados obtenidos pueden hacer necesario la realización de nuevos estudios para obtener mayor información sobre algunos aspectos que puedan generar dudas y que puedan definir el éxito o el fracaso de un proyecto de inversión, para que una vez realizados los ajustes requeridos en el proyecto se replantea el plan de trabajo para instalar y operar el proyecto de inversión, sin omitir la utilización de un cronograma o una red de actividades.

En el capítulo cinco analizamos como en la economía de empresa y en el campo macroeconómico se plantea continuamente el problema de la toma de decisiones, es decir, la elección de una opción entre diversas alternativas en un ambiente de incertidumbre. Las personas encargadas de tomar las decisiones podrán obtener mejores resultados si, en alguna medida, se logra reducir la incertidumbre sobre los sucesos situados en el futuro. Un ingeniero es una persona que se dedica a la solución de problemas siendo fácil concluir que, si esta característica se transforma en un archivo vivo de conocimientos y el proyecto es el procedimiento general que el ingeniero emplea para la solución de problemas, será más sencillo encontrar la solución que más se adapte a las características y necesidades del proyecto.

La experiencia que me deja utilizar la metodología de análisis de proyectos en un proyecto de inversión de un producto que pudiera ser considerado como una innovación, me ayudo a identificar todos los riesgos que podemos evitar o disminuir al realizar una adecuada investigación de mercado. Al realizar un análisis financiero me permitió estimar y suponer un escenario sobre el comportamiento que pudiera tener mi flujo de efectivo. Todos estos análisis son de gran provecho cuando lo aplicamos a un proyecto de inversión.