

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



" DISEÑAR UN TALLER DE FUNDICIONES DE ALEACIONES DE ALUMINIO, PARTIENDO DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES DEL TALLER ARTESANAL ALUMNOR C.A."

REALIZADO POR:

**CAROLINA DEL CARMEN CALDERÓN NARVÁEZ
NATALY CAROLINA FUENTES ALCOBA**

**Trabajo de grado presentado ante la Universidad de Oriente como
requisito parcial para optar al título de:**

INGENIERO MECÁNICO E INGENIERO INDUSTRIAL

Barcelona, Enero de 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



" DISEÑAR UN TALLER DE FUNDICIONES DE ALEACIONES DE ALUMINIO, PARTIENDO DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES DEL TALLER ARTESANAL ALUMNOR C.A."

ASESOR

Prof. LUIS MARTÍNEZ

Asesor Académico

Barcelona, Enero de 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



" DISEÑAR UN TALLER DE FUNDICIONES DE ALEACIONES DE ALUMINIO, PARTIENDO DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES DEL TALLER ARTESANAL ALUMNOR C.A."

Prof. LUIS MARTÍNEZ

Asesor Académico

Prof. GLORYS LÓPEZ

Jurado Principal

Prof. ISOLINA MILLAN

Jurado Principal

Barcelona, Enero de 2009

RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajo de grado:

“Los trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”.

DEDICATORIAS

A dios padre y mi virgencita...

A mis padres Armando y Benigna...

A mis hermanos: José miguel, Angélica, Diana y Jackeline...

A mi amigo José Luis Rios...

Y en especial a mis niños Sebastian y Camila...

A TODOS LOS QUIERO...

CAROLINA...

A mi amado Padre Celestial, por darme su amor, fortaleza y el regalo de estar viva para disfrutar de las maravillosas bendiciones que cada día me regala.

Gracias Jehová, por ser haber estado cada día, en cada viaje Cumana-Puerto la Cruz, pero sobretodo en los que hacia escalas, allí aprendí a buscarte con más fervor. Te Adoro papa.

A mis padres, Yadira Alcoba (mami) por ser mujer esforzada y valiente, quien siempre me ha guiado a llevar una vida en justicia, felicidad y rectitud. Alberto Fuentes: por ser un verdadero ejemplo de perseverancia, humildad y entrega transmitiendo principios que alimentan mi vida siempre sabio, comprensivo y sacrificado por la familia. Los amo.

A mi amado esposo, por ser pilar fundamental en mi carrera, gracias por creer en mi, por esperar por mi... en fin gracias por amarme tanto...

DIOS LOS BENDIGA A TODOS...

NATALY

AGRADECIMIENTOS

A Diosito Padre Todopoderoso y mi Virgencita, por haberme cuidado y protegido siempre.

A mis padres Benigna y Armando, gracias por haberme apoyado, educado, guiado y amado como lo han hecho, todo lo que soy es gracias a ustedes.

A mis hermanos, gracias por haberme apoyado como lo han hecho, ahora es que viene lo bueno jejeje.

A mis Sobrinos Sebastián y Camila, quienes han sido mi más dulce apoyo.

A mi amigo José Luis Ríos, quien fue uno de los mayores apoyos que tuve en la realización de esta tesis. Gracias por tus palabras y tu apoyo incondicional José.

A mis amigochas y amigochos, Jenny Sánchez, Verónica Gómez, Francelis Figueredo, Nataly Fuentes, Karen Bravo, Nieves Sabino, Fernando Giménez, Alberto Rondón (migo), Cristian Mandarían (cito), Ronald Torres (roni), y José Javier González (el chinito)... Gracias a Todos por haber sido un apoyo incondicional en mi carrera y por formar ahora parte de mi vida.

A mi tutor Luis Martínez, quien fue un gran apoyo y guía en la realización de este gran sueño.

A TODOS GRACIAS...

CAROLINA

Al Espíritu Santo por ser mi amigo, guía, consuelo y compañero fiel, quien siempre estuvo allí para alertarme en las dificultades, para darme paz en momentos de angustia y felicidad en cada logro obtenido

A mi papá y a mi mamá, gracias por tener fe y confianza en mi, pido a Dios larga vida para retribuirles en todo lo que pueda, aunque entiendo que esta vida no me basta para pagarles... les AMO eternamente (nata).

A Francisco Julián Osorio Romero (MI ESPOSO), amor mil gracias por ser quien eres, la persona que Dios coloco a mi lado para ayudarme, para darme animo y hasta para trasnocharme cada día de semana para hablarnos, por esforzarte en cada Fin que te toco llevarme las grandes maletas con comida para la semana, por aguantar mis malcriadeces, por tu fidelidad...

A mis hermanos Luis Alberto, Alberlis y Benibeth, por brindarme siempre una mano amiga, por la confianza y esa palabra de estimulo que me ayudo a continuar y esforzarme en tiempos difíciles.

Mis abuelos, papito y maíta, por ser el instrumento de Dios para bendecir nuestrs vidas, gracias por ser seres de ejemplo a seguir... los Amos...

A mi familia política, papá Alfredo y mamá Carmen D'ascoli, por estar siempre dispuestos a bendecirme con sus consejos y apoyo en todo momento. Gracias.

A mis tíos Norlys, Liudmila, José Luis, gracias por esas palabras de entusiasmo, por cada vez que declararon una palabra de fe para mi vida, por formar parte de este sueño, por su gran amor y cariño... Muchas Gracias.

A mis amigas súper especiales (LA MAFIA) Jenny, Nieves, Francelis, Lorena y a todas esas mujeres maravillosas que Dios colocó a mi lado para motivarme y nunca desistir en esta gran lucha... las amo Dios las Bendiga por siempre.

DIOS LOS BENDIGA A TODOS...

NATALY

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es diseñar el taller de fundiciones de aleaciones de aluminio ALUMNOR C.A, partiendo de las estructuras existentes en el mismo, en función de la satisfacción de la demanda de utensilios de cocina de la zona nor-oriental del estado Sucre, cumpliendo con las normas de higiene y seguridad industrial de Venezuela. Para alcanzar este objetivo se realizó un diagnóstico de la situación actual del taller, donde se recopiló información referente al espacio físico, distribución de equipos, recurso humano y condiciones de trabajo presentes en el mismo. Posteriormente, se hizo un análisis de mercado haciendo uso de encuestas y entrevista a los clientes o posibles clientes del taller, con lo que se pudo estimar la demanda actual de utensilios de cocina de aluminio fabricados por colada. Fue necesario el diseño de: La estructura organizativa que define los cargos necesarios para cumplir las actividades productivas del taller. El proceso productivo en el que se esquematizó de manera organizada y secuencial las etapas de la fabricación de piezas de aluminio por colada en el taller. El horno de crisol a combustión de gas natural, con una capacidad volumétrica en función de la capacidad de instalación del taller tomando en cuenta el recurso humano, tecnología y espacio físico necesario. Y el diseño de la arena de moldeo seleccionando los dispositivos para el tratado y manejo de la misma. Luego se llevó a cabo el estudio de factibilidad y rentabilidad de este proyecto. Finalmente, se hizo un análisis de los resultados obtenidos, los cuales indicaron que, según el estudio de mercado, la demanda estimada de los siguientes 4 años; generará para el 2009 un ingreso anual aproximado por ventas de aluminio de 706.406,4 BsF, lo que será la base para recuperar la inversión.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIAS	v
AGRADECIMIENTOS	vii
RESUMEN.....	x
ÍNDICE DE CONTENIDO	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xxii
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xxvi
CAPÍTULO I.....	27
INTRODUCCIÓN	27
1.1. GENERALIDADES	27
1.2 OBJETIVOS	30
1.2.1 Objetivo general.....	30
1.2.2 Objetivos específicos	30
CAPÍTULO II	32
MARCO TEÓRICO.....	32
2.1. PROCESO DE FUNDICIÓN EN ARENA	32
2.1.1. Etapas del proceso de fundición en arena	32
2.1.2. Arenas de fundiciones.....	34
2.1.2.1. Clasificaciones de las arenas.....	34
2.1.2.2. Propiedades técnicas de las arenas de fundición.....	35
2.1.2.3. Pruebas para determinar las propiedades de las arenas.....	36
2.1.2.4. Equipos para el acondicionamiento de la arena	40
2.1.3. Hornos de fundición.....	42
2.1.3.1 Hornos de combustible para fundición con crisol.....	45
2.1.3.2. Diseño termodinámico para hornos de fundición con crisol a gas	45

2.1.4. Aluminio	52
2.2. DISEÑO DE PLANTAS DE PRODUCCIÓN	52
2.2.1. Distribución en planta	53
2.2.2. Técnicas de distribución en planta	53
2.2.2.1. Gráfico de relaciones.....	53
2.2.2.2. Diagrama de relaciones de actividad.....	54
2.2.3. Objetivos y principios básicos de una distribución de planta	54
2.2.4. Seguridad e higiene en el diseño y distribución de planta	55
2.2.4.1. Sistemas de prevención de accidentes.....	55
2.2.4.2. Sistema para la mitigación de accidentes.....	55
2.2.5. Estructura Organizativa.....	55
2.2.6. Elementos de la organización.....	56
2.2.7. Proceso productivo.....	56
2.2.7.1. Diagrama de procesos	56
2.3. ESTUDIO DE MERCADO	57
2.4. ESTUDIO ECONÓMICO	58
2.4.1. Inversión inicial.....	58
2.4.2. Costos de producción	58
2.4.3. Valor Presente Neto (VPN).....	59
2.4.4. La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR).....	59
CAPÍTULO III	60
DESARROLLO DEL TRABAJO	60
3.1. Flujograma de actividades	60
3.2 Materiales, equipos y sustancias.	61
3.2.1. Equipos:	61
3.2.2. Materiales.....	61
3.2.3. Sustancias.....	62
3.3 Desarrollo de las etapas.....	62
3.3.1. Revisión bibliográfica.....	62

3.3.2. Evaluación de la situación actual del taller	62
3.3.3. Análisis de mercado	63
3.3.3.1. Identificación de los consumidores	64
3.3.3.2. Muestra tomada de la población demandante de utensilios de aluminio	64
3.3.3.3. Método de compilación de datos.....	64
3.3.3.4. Análisis de la demanda.....	65
3.2.3.5. Proyección de la demanda.....	65
3.3.3.6 Análisis de los precio	66
3.3.4. Diseño de la estructura organizativa del taller	66
3.3.5. Diseño del proceso productivo del taller.....	66
3.3.6. Diseño del horno de crisol a gas natural y basculante	67
3.3.6.1. Diseño termodinámico del horno	68
3.3.6.2. Diseño estructural del horno	69
3.3.7. Evaluación de la arena natural utilizada en el taller ALUMNOR C.A.	72
3.3.7.1. Resistencia a la compresión en verde (ASTM D-695).....	73
3.3.7.2. Resistencia al corte en verde (ASTM D-695).....	74
3.3.7.3. Prueba de contenido de humedad (ASTM D-2216).....	75
3.3.7.4. Prueba de granulometría (ASTM D-422)	75
3.3.7.5. Límites de consistencia (ASTM-D-424):.....	76
3.3.7.5 Ensayo de hidrómetro (ASTM D42-21):	78
3.3.8. Selección de los dispositivos para el tratamiento y manejo de la arena....	79
3.3.9. Establecer la factibilidad y rentabilidad del proyecto mediante el estudio económico en función de la inversión y los costos asociados.	79
3.3.10. Elaboración de los planos del taller	80
3.3.11. Resultados y análisis	80
3.3.12. Conclusiones recomendaciones	80
3.3.13 Redacción del trabajo de grado	80
CAPÍTULO IV	81

RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	81
4.1. Diagnostico de la situación actual del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.	81
4.1.1. Localización del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.....	81
4.1.2. Capacidad de producción actual de taller de fundiciones ALUMNOR C.A.	82
4.1.3. Materias primas utilizada en el taller ALUMNOR C.A. para el proceso de fundición.	83
4.1.4 Maquinaria y equipos operativos en el proceso de producción del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.	85
4.1.5. Costos generales del taller.....	88
4.1.6. Distribución y estructura física de taller ALUMNOR C.A.	89
4.1.7. Condiciones de higiene y seguridad.....	90
4.1.8. Comercialización aplicada en el taller ALUMNOR C.A.....	91
4.1.9. Estructura organizacional.....	91
4.1.10. Recurso humano que labora actualmente en el taller de fundiciones ALUMNOR C.A.	92
4.1.11. Proceso productivo del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.	94
4.2. Estudio de mercado de ventas actuales del taller ALUMNOR C.A.	99
4.2.1. Resultados de la encuesta aplicada	99
4.2.2. Comportamiento histórico de la demanda.....	102
4.2.3. Proyección de la demanda a satisfacer por parte del taller ALUMNOR C.A.	103
4.2.4. Análisis de los precios de las piezas fabricadas en el taller.	104
4.2.5. Proyección de los precios de las piezas de aluminio fabricadas en el taller ALUMNOR C.A.	105
4.3. Diseño de la estructura organizativa necesaria para la producción eficiente del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.	106

4.3.1. Descripción de las funciones de cada trabajador incluido en la estructura organizativa propuesta para el taller de fundiciones ALUMNOR C.A.	107
4.3.2. Mano de obra requerida, según la propuesta de diseño del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.	110
4.4. Propuesta del proceso de fabricación de utensilios de cocina, que se debe llevar a cabo en el taller de fundiciones ALUMNOR C.A.	111
4.4.1. Descripción de las actividades del proceso de fabricación de piezas en el taller ALUMNOR C.A., según el diagrama de proceso planteado en la figura 4.14.	112
4.4.2. Requerimiento de seguridad para los trabajadores en el proceso de fabricación de piezas por colada, del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.	114
4.5. Diseño del horno de crisol, a gas natural y basculante.	116
4.5.1. Diseño termodinámico del horno.	117
4.5.1.1 Crisol escogido.	117
4.5.1.2. Selección del acero para el envolvente, lámina de fondo y tapa del horno.	117
4.5.1.3. Calor necesario para la función del aluminio.	119
344,47 W	119
4.5.1.4. Diseño de la cámara de combustión.	119
4.5.1.5. Selección del quemador	120
4.5.1.5. Peso del horno sin el sistema basculante y ubicación del centro de masa del diseño.	121
4.5.2 Diseño del sistema estructural y basculante del horno.	125
4.5.2.1 Diseño de engranes	126
4.5.2.2. Diseño de ejes	129
4.5.2.3. Unión de los ejes al horno, mediante el uso de soldadura	133
4.5.2.4. Selección de los cojinetes.	134
4.5.2.5 Selección de soportes para los cojinetes	139
4.5.2.6. Diseño y selección de cuñas.	140

4.5.2.7. Selección de los anillos de sujeción.....	142
4.5.2.8. Diseño de soportes.....	142
4.6. Estudio y Acondicionamiento de la arena natural, usada en el taller ALUMNOR C.A.....	145
4.6.1. Resultados de las pruebas realizadas para verificar las características y propiedades de la arena natural, usada en el taller ALUMNOR C.A.	146
4.6.1.1. Resistencia a la compresión en verde (ASTM D-695).....	146
4.6.1.2. Resistencia al corte en verde (ASTM D-695).....	139
4.6.1.3. Prueba de contenido de humedad (ASTM D-2216).....	141
4.6.1.4. Prueba de granulometría (ASTM D-422)	141
4.6.1.5. Límites de consistencia (ASTM-D-424).....	142
4.6.1.6. Peso específico (ASTM D854).....	143
4.6.1.7. Permeabilidad de Carga constante y variable (ASTM D24-34).	143
4.6.1.8. Ensayo De Hidrómetro (ASTM D42-21).....	143
4.6.2. Acondicionamiento de la arena.....	146
4.6.2.1. Resistencia al corte en verde de la arena acondicionada (arena natural mas arena sílice).....	148
4.6.2.2. Resistencia a la compresión en verde de la arena acondicionada. ...	149
4.7. Selección de los dispositivos de tratamiento y manejo de la arena diseñada.	151
4.7.1. Equipos seleccionados	151
4.8. Diseño y propuesta de mejoras en las instalaciones.	155
4.8.1. Descripción de las áreas propuestas para el taller de fundiciones ALUMNOR C.A.....	155
4.8.2. Área requerida para maquinaria y equipos.....	158
4.8.3 Relación entre las áreas.....	162
CAPÍTULO V.....	197
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	197
5.1. Conclusiones	197
5.2 Recomendaciones.....	198

BIBLIOGRAFÍA CITADA	200
BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL	201
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO A: Estudio de mercado	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO B: EJEMPLO DE CÁLCULOS	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO C: Catálogos usados	¡Error! Marcador no definido.
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:.....	202

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1 Tipos de tamiz según norma ASTM E-11	37
Tabla N° 2.2. Combustibles y hornos para fundir metales y sus aleaciones.....	43
Tabla N° 2.3. Componentes y características del gas natural.	47
Tabla N° 4.1, Materia prima para la producción actual del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.	83
Tabla N° 4.1, Materia prima para la producción actual del taller de fundiciones ALUMNOR C.A. (Continuación).....	84
Tabla 4.2: Maquinaria y equipo usados actualmente en el taller de fundiciones.....	85
ALUMNOR CA.	85
Tabla 4.2, Maquinaria y equipo usados actualmente en el taller de fundiciones.....	86
ALUMNOR CA. (Continuación).....	86
Tabla N° 4.3. Servicios básicos del taller de fundiciones ALUMNOR CA.	89
Tabla N° 4.4. Leyenda del diagrama del proceso de fabricación de piezas en el taller ALUMNOR C.A.	98
Tabla N° 4.5. Cantidad de empresas ofertantes de utensilios de cocina en la zona..	100
Tabla N° 4.6. Demanda actual de utensilios de cocina y cantidad de piezas suministradas por compras.	100
Tabla N°4.7. Frecuencia de compra por parte de los clientes y tiendas y abastos encuestados.	101
Tabla N° 4.8. Comportamiento histórico estimado de la demanda del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.	102
Tabla N° 4.9. Índice de correlación obtenidos. Fuente: propia (2008)	103
Tabla N°4.10. Proyección de la demanda en función de las ventas realizadas por los comerciantes. Fuente: propia (2008).....	104
Tabla N° 4.11. Precios de aluminio, según la cantidad de piezas que son adquiridas por el comprador.	104

Tabla N° 4.11. Proyección de los precios. Fuente: propia (2008)	106
Tabla N° 4.12. Mano de obra mínima necesaria del taller ALUMNOR C.A.	110
Tabla N° 4.13. Leyenda del diagrama del proceso de fabricación de piezas en el taller ALUMNOR C.A.	112
Tabla N° 4.14. Cantidad de calor necesario en la fundición del aluminio.....	119
Tabla N° 4.15. Espesor de la manta kaowool requerida, respecto a la temperatura exterior del horno.	120
Tabla N° 4.17. Dimensiones de las propiedades de los engranes diseñados.....	127
Tabla N° 4.18. Fuerzas y momentos torsores que actúan sobre los engranes.	127
Tabla N° 4.19. Factores para el análisis de diseño en los engranes.	127
Tabla N° 4.21. Diámetros obtenidos para el diseño del eje de salida.	131
Tabla N° 4.22. Esfuerzos que influyen sobre la soldadura.	134
Tabla N° 4.23. Cargas dinámicas a soportar para cada cojinete.	135
Tabla N° 4.24. Geometría para el diseño de las cuñas. Fuente: propia (2008).....	140
Tabla N° 4.26. Valores leídos para la resistencia a la compresión en verde en función del porcentaje de humedad.....	138
Tabla N° 4.27. Valores leídos para la resistencia al corte en verde de las probetas en función del porcentaje de humedad.....	139
Tabla N° 4.28. Resultados obtenidos en la prueba de humedad.	141
Tabla N° 4.29. Porcentajes de suelo retenido y pasado por cada tamiz.....	141
Tabla N° 4.30. Límites de plasticidad de la arena. Fuente: propia (2008).....	142
Tabla N° 4.31. Clasificación de la arena de acuerdo a su peso específico.	143
Tabla N° 4.32. Resultados obtenidos en la prueba de hidrometría. Fuente: propia (2008).....	145
Tabla N°4.33. Valores leídos para la resistencia al corte en verde en función del porcentaje de humedad.....	148
Tabla N° 4.34. Valores leídos para la resistencia a la compresión en verde en función del porcentaje de humedad.....	149
Tabla N° 4.35. Área para material en espera.....	158

Tabla N° 4.36. Área de secciones fijas.....	158
Tabla N° 4.37. Resumen de espacio mínimo necesario para la planta.....	159
Tabla N° 4.38. Propuesta de áreas internas del taller de fundiciones ALUMNOR..	161
Tabla N° 4.39. Resumen de la importancia de la proximidad de las áreas.....	163
Tabla N° 4.40. Costos de maquinarias para el tratamiento de arena y fabricación de moldes.	165
Tabla N° 4.41. Costos de materiales para la fabricación del horno diseñado.....	165
Tabla N° 4.42. Costos de materiales para la fabricación del horno diseñado (continuación)	166
Tabla N° 4.42. Costos de equipos necesarios para el vaciado del metal y desmoldeo de piezas.....	167
Tabla N° 4.43. Costos de equipos utilizados para el mecanizado de piezas.....	167
Tabla N° 4.45. Costos de infraestructura.....	168
Tabla N° 4.46. Costos de equipos auxiliares y otros. Fuente: propia (2008).....	168
Tabla N° 4.47. Costos de equipo de higiene y seguridad. Fuente: propia (2008).....	169
Tabla N° 4.48. Costo de mobiliario y equipos de oficina.....	169
Tabla N° 4.48. Costo de mobiliario y equipos de oficina (continuación).....	170
Tabla N° 4.49. Presupuesto de la inversión inicial.....	170
Fuente: propia (2008).....	170
Tabla N° 4.50. Costos de Salarios.....	171
Tabla N° 4.51. Mantenimiento de maquinaria (4% adquisición de equipos).	171
Tabla N° 4.52. Cuadro resumen de los costos de mantenimiento y salarios.	172
Tabla N° 4.54. Gastos varios de mantenimiento.....	173
Tabla N° 4.55. Costos para materia prima.....	173
Tabla N° 4.56. Costo de insumos.....	173
Tabla N° 4.59. Cuadro resumen de la clarificación de costos operativos proyecto..	174
Tabla N° 4.60. Flujo de caja efectivo del proyecto. Fuente: propia (2008).....	174

Tabla B.1 Dimensiones sugeridas para hornos Basculantes, dependiendo del tamaño del crisol. (Fuente: Hornos para fundir metales, José María de la poza) **¡Error! Marcador no definido.**

Marcador no definido.

Tabla B.2 Factores de sobrecargas sugeridos, K_o **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla B.3 Factor de tamaño, K_s **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla B.4 Números de calidad **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla B.5 Coeficiente elástico, C_p **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla B.6 Propiedades de los Aceros al carbono con aleaciones; **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla B.7 Geometria de soldaduras, cuando se considera varios tipos de carga; **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla B.8 Propiedades de las Resistencias mínimas de clases de electrodos **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla B.9 Tamaño de cuña contra tamaño de flecha .. **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla B.10 Radio de chaflán..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla B.11 Valores de K para el cálculo del diámetro de partículas en el análisis hidrométrico. **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla B.12 Valores de la profundidad efectiva basados en hidrómetro y cilindro **¡Error! Marcador no definido.**
de sedimentación de dimensiones específicas..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla B.13 Valores de C_T para la correccion por temperatura, de las lecturas del hidrometro. **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla B.14 Valores del coeficiente de corrección “a” para distintos pesos específicos de las partículas de suelos. **¡Error! Marcador no definido.**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1 Hidrómetro o densímetro	37
Figura 2.2 Máquina universal de ensayos.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura N° 2.4. Desterronador de cilindros. [1]	41
Figura N° 2.5. Separador magnético de las partículas de hierro.....	41
Figura 2.6. Criba giratoria.	41
Figura N° 2.7. Dosificador.....	42
Figura N° 2.8. Mezclador de tambor.	42
Figura N° 2.9 Principales partes de un horno de crisol a gas.	45
Figura N° 2.2 Presentación comercial de Manta Kaowool.....	52
Figura N° 3.1. Flujograma de las actividades desarrolladas en el proyecto.	60
Figura N° 3.1. Vista superior del sistema basculante para el horno.	70
Figura N° 3.2. Disco usado para la prueba de resistencia a la compresión	¡Error! Marcador no definido.
Figura N° 3.3. Disco usado la prueba de resistencia al corte	¡Error! Marcador no definido.
Figura N° 3.4, Dispositivo mecánico de A. Casagrande para determinar el límite líquido.....	77
Figura N° 4.1 Ubicación geográfica del taller ALUMNOR C.A.	82
Figura N° 4.2. Arena usada actualmente en el taller ALUMNOR C.A.....	84

Figura N° 4.2 Horno usado en el taller ALUMNOR C.A	88
Figura N° 4.3 Esmeril usado en el taller ALUMNOR C.A.	88
Figura 4.4. Distribución actual del taller de fundiciones ALUMNOR, C.A.	90
Figura N° 4.5. Operario del horno, colando el aluminio fundido.....	91
Figura N° 4.6 Estructura organizacional del taller de fundiciones.....	92
ALUMNOR CA.	92
Figura N° 4.7. Caldero 30, fabricado en el taller ALUMNOR, C.A.	94
Figura N° 4.8 Precalentamiento del horno usado en el taller ALUMNOR C.A.	95
Figura N° 4.9. Momento en el que se coloca la materia prima en el horno	96
Figura N° 4.10. Desmolde de la pieza (caldero número 60)	96
Figura N° 4.11. Esmerilado de un caldero número 30	97
Figura N° 4.12. Diagrama de flujo de producción del proceso de fundición de la pieza caldero 30, en el taller de fundición ALUMNOR.	98
Figura N° 4.13, Propuesta de la estructura organizativa del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.	107
Figura N° 4.14. Diagrama del proceso para la fabricación de piezas en el taller ALUMNOR C.A.	111
Figura N° 4.15 Crisol seleccionado (serie basin 20000)	117
Figura N° 4.16. Dimensiones seleccionadas para el horno.	118
Figura N° 4.17. Dimensiones del quemador de seleccionado.	121
Figura N° 4.18. Resultado arrojados por el software. Fuente: propia (2008)..	122
Figura N° 4.19. Representación gráfica del centroide en varios planos.....	123
Figura N°4.20. Ensamble del horno diseñado. Fuente: propia (2008)	124
Figura N° 4.21. Vista de derecha del ensamble del Horno.....	124
Figura N° 4.22. Vista frontal del ensamble del Horno. Fuente: propia (2008)	125
Figura N° 4.23. Vista superior del ensamble del Horno. Fuente: propia (2008)	125

Figura N° 4.24 Ubicación del torque producido por el horno, a una distancia de 10 cm por encima del centro de gravedad. Fuente: propia (2008).....	126
Figura N° 4.25. Dimensiones obtenidas para las propiedades de los dientes de los engranes. Fuente: propia (2008).....	129
Figura N° 4.26. Ensamble de los engranes diseñados. Fuente: propia (2008)	129
Figura N° 4.27. Diagrama de cargas, corte y momento al cual está sometido el eje de entrada. Fuente: propia (2008).....	131
Figura N° 4.28. Diagrama de cargas, corte y momento al cual está sometido el eje de salida. Fuente: propia (2008)	132
Figura N° 4.29. Diámetros finales seleccionados para el eje de entrada.....	133
Figura N° 4.30. Diámetros finales seleccionados para el eje de salida	133
Figura N° 4.31 espesor del cordón de soldadura obtenido.....	134
Figura N° 4.32. Ubicación de los cojinetes en el eje de entrada.	135
Figura N° 4.33. Características del rodamiento comercial escogido para el D1 del eje de entrada. Fuente: Catálogo de rodamientos INA (2008).....	136
Figura N° 4.34. Características del rodamiento comercial escogido para el D3 del eje de entrada. Fuente: Catálogo de rodamientos INA (2008)	136
Figura N° 4.35. Ubicación de los cojinetes en el eje de salida.....	137
Figura N° 4.36. Características del rodamiento comercial escogido para el D1 del eje de salida. Fuente: Catálogo de rodamientos INA (2008).....	137
Figura N° 4.37. Características del rodamiento comercial escogido para D2 del eje de salida. Fuente: Catálogo de rodamientos INA (2008).	138
Figura N° 4.38. Características del rodamiento escogido para los soportes del horno. Fuente: Catálogo de rodamientos INA (2008).....	139
Figura N° 4.39. Soportes escogidos para los cojinetes.....	139
Figura N° 4.40. Representación gráfica del ensamble de la cuña diseñada para el piñón.....	141
Figura N° 4.41. Representación gráfica del ensamble de la cuña diseñada para el engranaje.	141

Figura N° 4.42. Soporte diseñado. Fuente: propia (2008).....	142
Figura N° 4.43. resultado colorimétrico de verificación de diseño en el pórtico.	143
Figura N° 4.44. Resultados colorimétrico de la distribución de esfuerzo en el soporte del horno.....	144
Figura N° 4.45. Ensemble del horno basculante diseñado (horno, soportes, cojinetes, soportes para cojinetes, ejes, etc.).....	145
Figura N° 4.46. Vista superior e isométrica del horno basculante diseñado. ..	145
Figura N° 4.47. Composición de la arena natural utilizada en el taller.	147
Figura N°4.48. Composición de la arena natural Vs composición de la arena diseñada.....	147
Figura N°4.49. Principio de funcionamiento de la desterronadora de dos aspas	152
Figura N°4.50. Desterronadora de dos cilindros, AUBEMA	152
Figura N°4.51. Criba inclinada o de pie (manual).....	153
Figura N° 4.52. Mezcladora y amasadora	153
Figura N° 4.53. Diagrama de preparación de la arena según equipos seleccionados.	154
Figura N° 4.54. Propuesta de distribución de planta.	160
Figura N° 4.55. Propuesta de distribución de planta detallada.....	161
Figura N° 4.45. Matriz diagonal que establece la importancia de la proximidad de las áreas.	163
Figura N° 4.46. Diagrama de flujo de caja del proyecto	175

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica N° 4.1. Porcentaje de compras de utensilios de cocina por parte de las empresas encuestadas (clientes).....	102
Gráfica N° 4.2. Resistencia a la compresión en verde en función del porcentaje de Humedad.	139
Gráfica N° 4.3. Resistencia al corte en verde en función del porcentaje de Humedad.	140
Gráfica N° 4.4. Diámetro de las partículas en función del porcentaje de fracción más fina. Fuente: propia (2008).....	¡Error! Marcador no definido.
Gráfica 4.5. Resistencia al corte en verde en función del porcentaje de humedad. ..	149
Gráfica 4.6. Resistencia a la compresión en verde en función del Porcentaje de Humedad.	150

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

El taller ALUMNOR C.A, es una pequeña empresa de fundición de retal de aluminio ubicada en el Estado Sucre Municipio Ribero–Cariaco, sector de parceleros, específicamente en la segunda etapa del sistema de riego parcela N° 05, fundado por su actual dueño en el año 1983, su producción está basada en la fabricación de piezas y productos en los que se incluyen utensilios de cocina (ollas, sartenes, budares, etc.).

Laborando bajo condiciones limitadas de producción, este taller se enfrenta a la inexistencia de un diseño de planta lo que dificulta el desarrollo efectivo de las actividades que se llevan a cabo en las instalaciones, además, el limitado recurso económico coarta la posibilidad de capacitar al personal en el uso de nuevas tecnologías y métodos de trabajo de fundiciones en arena. La falta de equipos de protección y seguridad unidos a la deficiencia de espacios ocasiona accidentes laborales constantes, tanto en el traslado de materiales como en el movimiento de las personas entre áreas.

El taller ALUMNOR C.A. cuenta con: un horno a diesel de muy poca capacidad, totalmente artesanal, que básicamente consiste en un encofrado semicilíndrico con adobes refractarios; un esmeril de banco de doble disco, anclado al piso mediante una base fabricada artesanalmente; entre otros equipos en condiciones de desgaste. Por otra parte la arena usada para el moldeo es totalmente natural, la cual le proporciona a las piezas un acabado superficial de baja calidad.

En vista de la posibilidad de un crecimiento económico, apoyado en un mercado de ventas prácticamente cautivo por no tener competencia a nivel comercial en las poblaciones adyacentes: Carúpano, Casanay, Río Caribe, Cumaná, entre otras; el dueño del taller se ha propuesto como meta el aumento y mejora de la producción, lo que representa una oportunidad de crecer y expandir sus productos tanto a nivel regional como nacional, buscando penetrar inicialmente el mercado en la zona oriental (Sucre, Monagas, Nueva Esparta, Bolívar y Anzoátegui), y luego alcanzar el mercado nacional.

Para la mejora y el aumento de la producción, se hizo necesario el diseño de un taller de fundiciones, partiendo de las estructuras existentes del taller artesanal ALUMNOR C.A en base a la satisfacción de la demanda de utensilios de cocina de la zona nor-oriental del estado, sabiendo que los requerimientos a nivel de instalaciones y equipamiento varían de una empresa a otra. En este caso, el diseño de las instalaciones del taller de fundición, ameritó el estudio de un conjunto de recursos: humano, tecnológico, administrativo, financiero, entre otros. Para ello el estudio se dividió en cinco capítulos.

Capítulo I, en el que se presenta el planteamiento del problema, las ventajas, limitaciones y estructura del proyecto, así como los objetivos generales y específicos del mismo; capítulo II, abarca las definiciones teóricas necesarias para el fácil entendimiento y comprensión del proyecto, respaldando los procesos, actividades y cálculos realizados en el alcance de los objetivos del mismo; capítulo III, en el se describe la metodología usada para superar las etapas de desarrollo del proyecto; capítulo IV, en este se reflejan los resultados y análisis obtenidos en el diseño del taller de fundiciones; capítulo V, se proporcionaron conclusiones y recomendaciones en base a los resultados obtenidos.

El desarrollo del proyecto se inició determinando la situación actual de espacio físico, distribución de equipos, recurso humano y condiciones de trabajo presentes en el taller; identificando con ello las fortalezas del mismo para su rediseño. Se determinó la demanda actual de piezas de fundición, a nivel regional haciendo uso de un análisis de mercado; se diseñó una estructura organizativa, orientada a un eficiente desempeño del recurso humano, en la que se especificó la cantidad de empleados, las funciones, responsabilidades, y atribuciones de estos. Fue necesario el diseño del proceso productivo del taller para que se cumpla con los niveles de calidad (de proceso y producto), cumpliendo con los requerimientos de higiene y seguridad en las instalaciones.

Se diseñó un horno de crisol a gas natural, para la fusión de aleaciones de aluminio, con puntos de fusión menores a 900 °C, con una capacidad volumétrica estimada en el análisis de mercado, al igual que se llevó a cabo el diseño de la arena de moldeo para la utilización en el taller. El tamaño de las piezas, la calidad superficial, las pruebas mecánicas, el volumen de la arena a utilizar y los requerimientos de recuperación luego de la colada, fueron la base para la selección de los dispositivos de tratamiento y manejo de la arena diseñada. Y por último y no menos importante se estableció la factibilidad y rentabilidad del proyecto mediante el estudio económico en función de la inversión y los costos asociados, determinando así costos totales, la inversión inicial, la depreciación, la amortización y capital de trabajo, con lo que se pudo comprobar la aplicabilidad y facilidad de la puesta en marcha para la propuesta de diseño de este proyecto, arrojando con ello un pronóstico ante economías variables.

Durante el desarrollo de este trabajo de grado, surgieron las siguientes limitaciones: el acceso a fábricas y plantas con características similares que pudieran haber sido utilizados como modelos referenciales, debido a que actualmente en Venezuela existen sólo cinco empresas que producen utensilios de cocina elaborados

en aluminio obtenido por coladas, y tan sólo una registrada en la zona nororiental del país, que no es otra que el taller de fundiciones ALUMNOR C.A.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Diseñar un taller de fundiciones de aleaciones de aluminio, partiendo de las estructuras existentes del taller artesanal ALUMNOR C.A., en función de la satisfacción de la demanda de utensilios de cocina de la zona nor-oriental del estado, cumpliendo con las normas de higiene y seguridad industrial de Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Determinar la situación actual de espacio físico, distribución de equipos, recurso humano y condiciones de trabajo presentes en el taller de fundiciones ALUMNOR C.A.
2. Determinar la demanda actual de piezas de fundición, a nivel regional, mediante un análisis de mercado.
3. Diseñar una estructura organizativa orientada a un eficiente desempeño del recurso humano, en la que se especifique la cantidad de empleados e identifiquen las funciones, responsabilidades, y atribuciones de los mismos.
4. Diseñar el proceso productivo que cumpla con los niveles de calidad (de proceso y producto), utilización óptima de los recursos, higiene y seguridad en las instalaciones.
5. Diseñar un horno de crisol a gas natural, para la fusión de aleaciones de aluminio, con puntos de fusión menores a 900 °C, en función a la capacidad de instalación del taller.

6. Diseñar la arena de moldeo para la utilización en el taller de fundición, en función del tamaño de las piezas, calidad superficial y pruebas mecánicas.
7. Seleccionar los dispositivos de tratamiento y manejo de la arena diseñada, en función del volumen de arena utilizada y los requerimientos de recuperación luego de las coladas.
8. Establecer la factibilidad y rentabilidad del proyecto mediante el estudio económico en función de la inversión y los costos asociados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. PROCESO DE FUNDICIÓN EN ARENA

El proceso tradicional es la fundición en arena, por ser un material refractario muy abundante en la naturaleza y que, mezclada con arcilla, adquiere cohesión y moldeabilidad sin perder la permeabilidad.

2.1.1. Etapas del proceso de fundición en arena

a) Diseño del modelo: El modelo es la pieza que se pretende reproducir, pero con algunas modificaciones derivadas de la naturaleza del proceso de fundición:

- Debe ser ligeramente más grande que la pieza final, ya que se debe tener en cuenta la contracción de la misma en estado sólido, una vez se haya enfriado a temperatura ambiente. El porcentaje de reducción depende del material empleado para la fundición.
- Las superficies del modelo deberán respetar unos ángulos mínimos con la dirección de desmoldeo (la dirección en la que se extraerá el modelo), con objeto de no dañar el molde de arena durante su extracción. Este ángulo se denomina *ángulo de salida*.

b) Fabricación del modelo: En lo que atañe a los materiales empleados para la construcción del modelo, se puede emplear desde madera o plásticos como el uretano, hasta metales como el aluminio o el hierro fundido. Usualmente se fabrican dos semimodelos correspondientes a sendas partes del molde que es necesario fabricar.

c) Compactación de la arena alrededor del modelo: Para ello primeramente se coloca cada semimodelo en una tabla, dando lugar a las llamadas placas modelo, que garantizan que posteriormente ambas partes del molde encajarán perfectamente. Actualmente se realiza el llamado moldeo mecánico que consiste en la compactación de la arena por medios automáticos, generalmente mediante pistones (uno o varios) hidráulicos o neumáticos.

d) Colocación del macho: Si la pieza que se quiere fabricar es hueca, será necesario disponer machos. Los machos se elaboran con arenas especiales para que sean más resistentes que el molde, debido a que es necesario manipularlos para su colocación en el molde. Una vez colocado, se juntan ambas caras del molde y se sujetan.

e) Colada: Cuando el molde está cerrado, de modo que resista la presión metalostática, se puede introducir en el mismo el metal fundido, a través de uno o más bebederos previamente dispuestos en el molde.

f) Enfriamiento y solidificación: Después de la colada, se debe esperar que el metal se solidifique y se enfríe en el molde. Las piezas pequeñas, de modo especial, las que se vacían en moldes de coquilla, se solidifican y enfrían en pocos instantes.

g) Desmoldeo: Rotura del molde y extracción de la pieza. En el desmoldeo también debe retirarse la arena del macho. Toda esta arena se recicla para la construcción de nuevos moldes.

h) Acabado: La pieza extraída del molde está áspera, tiene incrustaciones de arena y las rebabas que corresponden a las juntas del molde o de la coquillas, y lleva unidos todavía bebederos. Es necesario pulir la pieza, desprender los bebederos y los

cargadores, desbarbarla, limpiarla con el chorro de arena, etc., al objeto de mejorar su aspecto y hacerla apta para sus funciones. [1]

2.1.2. Arenas de fundiciones

Las arenas de fundición tienen un origen común. La roca madre de la cual derivan es el granito, compuesto de feldespato, cuarzo y mica. El feldespato actúa de sustancia aglomerante de la mica y el cuarzo: bajo la acción tenaz y constante de los agentes atmosféricos se disocian los dos silicatos que componen el feldespato. El silicato de aluminio al hidratarse, se convierte en arcilla. De este modo se han constituidos los vastos depósitos de arenas naturales, las cuales por otra parte presentan características distintas según que el proceso de disgregación este más o menos avanzado. [1,9]

2.1.2.1. Clasificaciones de las arenas

Una primera clasificación de las arenas naturales puede basarse en su contenido de arcilla; se distinguen cuatro clases:

- Arenas arcillosas o tierras grasas, contenido de arcilla es superior al 18%.
- Arenas arcillosas o tierras semigrasas, contenido de arcilla va del 8 al 18%.
- Arenas arcillosas o tierras magras, contenido de arcilla va del 5 al 8%.
- Arenas silíceas, contenido de arcilla es inferior al 5%. En este caso la arcilla está considerada como una impureza.

Una segunda clasificación se hace atendiendo la forma del grano:

- Arena de grano esferoidal.
- Arena de grano angulado.
- Arena de grano compuesto.

Finalmente, en relación con las dimensiones del grano, pueden distinguirse:

- Arena de grano grueso.
- Arena de grano medio.
- Arena de grano fino.

2.1.2.2. Propiedades técnicas de las arenas de fundición

Las características técnicas de una arena que interesa más conocer y comprobar son:

a) La refractariedad de una arena se determina por la temperatura a que puede someterse sin presentar signos de fusión. La refractariedad viene asegurada por la sílice, cuyas características, por otra parte, resultan siempre modificadas por la presencia de otros elementos. También la forma y el tamaño de los granos tienen una notable influencia sobre la refractariedad: los granos angulosos sintetizan más fácilmente que los esféricos, y los finos más que los gruesos.

b) La cohesión de una arena es consecuencia directa de la acción del aglutinante y depende de la naturaleza y contenido de este último y del porcentaje de humedad. La cohesión se puede establecer por medio de cuatro pruebas que determinan las cargas de rotura por compresión, por tracción, por flexión y por cortadura; la más importante es la primera, porque indica si la arena, al moldearse, será capaz de soportar las fuerzas a que será sido el molde durante las diversas operaciones. La resistencia a la cortadura corresponde al índice de plasticidad.

c) La permeabilidad es la propiedad que permite a la arena ser atravesada por los gases, facilitando la evacuación de estos del molde en el momento de la colada. La permeabilidad tiene una enorme importancia, si es escasa, la evacuación del gas resulta muy difícil o casi imposible, provocando la ebullición del metal líquido y la consiguiente formación de sopladuras en la pieza.

2.1.2.3. Pruebas para determinar las propiedades de las arenas

Para determinar las propiedades esenciales de la arena de fundición se hacen necesarias algunas pruebas periódicas. Las propiedades cambian por contaminación con materiales extraños, por acción de lavado y por la continua exposición a las variaciones de temperaturas. Las pruebas pueden ser tanto químicas como mecánicas, pero aparte de la determinación de los elementos indeseables en la arena, las pruebas químicas son de poco uso.

➤ **Pruebas de granulometría (ASTM D-422):** El análisis granulométrico o análisis mecánico para una arena de fundición consiste en separar y clasificar por tamaños las partículas que la componen, separándolas en porcentaje, del peso total.

Dependiendo del tamaño de los granos, el análisis puede ser:

- a) Por tamizado.
- b) Por sedimentación: hidrómetro o sifoneado.
- c) Combinación con ambos, a y b.

No existe un patrón internacional para correlacionar el tamaño de la partícula con una denominación; aunque en varios países se emplea un mismo criterio, el de la norma ASTM (American Society for Testing and Materials).

a) Análisis por tamizado: Para clasificar por tamaños las partículas gruesas, el método más apropiado es el tamizado. En éste se utiliza un juego de tamices de malla cuadrada que cumplan con las especificaciones ASTM. Un conjunto de tamices que permite un espaciamiento uniforme en los puntos de la curva granulométrica son los siguientes:

Tabla N° 2.1 Tipos de tamiz según norma ASTM E-11

Fuente: Mecánica de suelos (1998)

Tamiz	”	1/2”	3/4”	3/8”	N° 4	N° 10	N° 20	N° 40	N° 100	N° 200
Aber-tura (mm)	6,2	8,1	9,1	3,75	4,75	2,00	0,840	0,420	0,149	0,074

b) Análisis por sedimentación o hidrómetro: Este método es el más indirecto para hacer la determinación indirecta de los diámetros (d) y las partículas que pasan a través de la malla N° 200 (0,074 mm), valores que al ser graficados en función del porcentaje de fracción más fina nos arroja el porcentaje de arcilla en la arena estudiada.



Figura N° 2.1 Hidrómetro o densímetro

Fuente: propia (2008)

Por medio del hidrómetro o densímetro de cristal, como el mostrado en la figura N° 2.8, es posible conocer la variación de la densidad que experimenta la suspensión (partículas de arena y agua), a medida que las partículas sedimentan la densidad decrece y el densímetro se hunde cada vez más. Las lecturas del densímetro, simultáneas con las de tiempo y temperatura, referidos al instante inicial de las

partículas, son los datos que permiten la determinación del diámetro y peso de las partículas que quedan en suspensión en un momento dado.

➤ **Prueba de límites de plasticidad o consistencia (ASTM D-423, D-424):** Se entiende por consistencia el grado de cohesión de las partículas de la arena y su resistencia a aquellas fuerzas exteriores que tienden a deformar o destruir su estructura.

Una arena de grano fino puede existir en un estado cualquiera de consistencia, dicho estado depende de la cantidad de agua en el sistema trifásico: suelo, agua y aire. Las fronteras de los estados en consistencia se definen en términos de “límites”. Límite líquido, que es la frontera entre los estados líquido y plástico; límite plástico, la frontera entre los estados plástico y semi-sólido; límite de concentración, la frontera entre los estados semi-sólido y sólido.

➤ **Pruebas sobre contenido de humedad (ASTM D-2216):** El grado de humedad puede determinarse por el peso, es decir pesando una pequeña cantidad de arena antes y después del secado a una temperatura de 105 a 110° C, o bien mediante la comprobación de la presión producida en un pequeño recipiente en el cual se ha introducido un determinado peso de arena con una pequeña adición de carburo de calcio, se origina gas acetileno, y el manómetro de que está provisto el recipiente indica directamente el porcentaje de humedad.

➤ **Pruebas de resistencia de la arena (ASTM D-695):** Se han desarrollado varias pruebas de resistencia para probar la fuerza de agarre de varios materiales aglomerantes añadidos a las arenas verdes y secas. Estas pruebas sobre la arena se efectúan, generalmente, en probetas de tamaños unificados; la unificación más difundida actualmente es la americana A.F.S. (American Foundrymen’s Society). La probeta A.F.S. es un pequeño cilindro de 2 pulgadas de diámetro y 2 pulgadas de

altura, que se obtiene comprimiendo la arena que ha de examinarse en una caja metálica mediante tres golpes de un atacador o compactadora (figura N° 2.3.) de 7,938 Kg. de peso, que cae de una altura de 2 pulgadas.

Las pruebas de resistencia más usadas son las siguientes:

a) Resistencia a la compresión en verde: Es la resistencia de una arena lista para el moldeo y, si el metal se vierte de inmediato, representa la capacidad de la arena para sostener la forma del molde. Mientras más finos sean los granos de arena, mayor será el área de la superficie de una masa dada, y mayor será la cantidad de aglutinante necesario para cubrir el área. La resistencia a la compresión en verde aumenta en proporción a la cantidad de aglutinante en un moldeo en arena, pero a expensas de la permeabilidad. En cuanto al efecto de la humedad, se tiene que la resistencia en verde aumenta con las primeras adiciones de humedad, alcanza una resistencia máxima y, entonces, empieza a disminuir.

b) Resistencia al corte en verde: Es la resistencia que ofrece una arena lista para el moldeo, a la acción de una fuerza cortante. Su comportamiento frente al efecto de la humedad es el mismo que el de la resistencia a la compresión en verde.

Dichas pruebas (corte y compresión) se realizan mediante una máquina universal de ensayos como la mostrada en la figura N° 2.2, variando en dicha máquina el disco de prueba para corte o compresión, también se debe usar un compactador como el mostrado en la figura N° 2.3 para la previa compactación de las probetas.



Figura 2.2 Máquina universal de ensayos
Fuente: proya (2005)



Figura N° 2.3 Compactadora típica de arena con sus partes indicadas
Fuente: www.mono-grafix.com (2005)

2.1.2.4. Equipos para el acondicionamiento de la arena

La arena bien acondicionada es un factor importante en la obtención de una buena pieza fundida. Las arenas nuevas así como, las usadas bien preparadas, contienen resultados como: El aglutinante es distribuido más uniformemente en los granos de arena, el contenido de humedad es controlado y además las superficies en particular son humedecidas, las partículas extrañas son eliminadas de las arenas, éstas se ventilan de tal manera que no se compactan siendo las condiciones propias para el moldeo. Por razón de que el acondicionamiento de grandes cantidades de arena a mano es difícil la mayoría de las empresas o talleres de fundiciones tienen equipos para realizar éstas operación como lo son:

- Desterronadoras: se encarga de reducir al estado granular, la masa heterogénea que se encuentra reagrupada en terrones, procedente del desmoldeo.

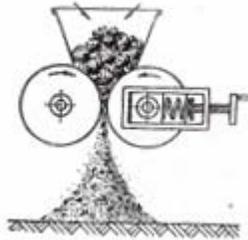


Figura N° 2.4. Desterronador de cilindros. [1]

Fuente: Capello E., Tecnología de la Fundición (1992)

- Separador magnético: se encarga de extraer los fragmentos metálicos ferrosos, sobre todo clavos (usados para reforzar las partes más débiles), que quedan en la arena luego del desmoldeo.



Figura N° 2.5. Separador magnético de las partículas de hierro.

Fuente: Capello E., Tecnología de la Fundición (1992)

- Cribas: se usa para extraer los fragmentos metálicos no ferrosos, o cuerpos extraños ligados a la arena. Colocando telas metálicas crecientes desde la tolva a la descarga se puede seleccionar la arena de diverso grosor de grano.

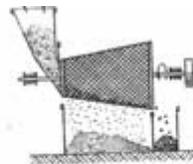


Figura 2.6. Criba giratoria.

➤ Dosificadoras: la arena se debe dosificar para introducirla en la mezcladora o cilindros mezcladores como el mostrado en la figura 2.8, el dosificador es corrientemente un disco, que gira alrededor de un eje vertical, colocado debajo de la tolba que contiene la arena, como el mostrado en la figura N° 2.7



Figura N° 2.7. Dosificador.

Fuente: Capello E., Tecnología de la Fundición (1992)

➤ Cilindros mezcladores: su finalidad es mezclar arena vieja y nueva, con los diversos ingredientes, como el aglutinante, y distribuir este último uniformemente en toda la masa, de modo que todos los granos queden cubiertos por igual. [1]



Figura N° 2.8. Mezclador de tambor.

Fuente: Capello E., Tecnología de la Fundición (1992)

2.1.3. Hornos de fundición

El objeto de los hornos de fundición es el de proporcionar al metal el calor necesario para fundirlo y recalentarlo hasta el punto de que adquiera la fluidez necesaria para que llene el molde, adoptando fácilmente su forma.

Existen varias formas para agrupar los hornos de fundir metales y sus aleaciones, se pueden clasificar o dividir por el elemento calefactorio utilizado o por

la forma. Siendo el elemento calefactorio el principal divisor, se pueden citar tres clases:

- a) Hornos de combustibles
- b) Convertidores
- c) Hornos eléctricos

Los hornos de combustible se subdividen en dos categorías:

- Hornos en los cuales el metal y el combustible están separados
- Hornos en los cuales el metal y el combustible están en contacto (cubilote)

Los hornos eléctricos a su vez, se subdividen en tres categorías:

- Hornos eléctricos de arco
- Hornos eléctricos de resistencia
- Hornos eléctricos de inducción

La tabla 2.2 muestra los tipos de combustible más usados en la fundición de metales, así como su forma de uso, dependiendo del tipo de horno y el metal a fundir.

Tabla N° 2.2. Combustibles y hornos para fundir metales y sus aleaciones

Fuente: Capello E., Tecnología de la Fundición (1992)

Combustible	Forma del combustible	Metal fundido	Horno
Carbón	Bituminoso pulverizado, piedra (antracita), o briquetas	Hierro colado	Horno de aire
		Hierro colado	Cubilote
		Hierro colado	Cubilote
		Hierro colado	Cubilote
Coque	Trozos clasificados	Hierro colado,	Cubilote
		No ferrosos,	Horno de crisol
Gas	→	No ferrosos, hierro, acero	Horno de crisol, hogar abierto
Electricidad	Arco directo	Acero, hierro colado	Horno de arco eléctrico, de 1, 2 ó 3 fases
	Arco indirecto	No ferrosos, hierro colado	Homos de balanceo (arco indirecto)
	Resistencia	No ferrosos,	Homos de balanceo
	Inducción	Todos los metales	Homos de inducción de vuelco y de izado

En el taller de fundiciones pueden usarse todos los tipos de hornos para fusión de metales, sin embargo los requisitos de cada taller son a veces únicos, y uno y otro tipo de horno puede ser mejor para una operación particular. Por ejemplo los hornos de hogar abierto son deseables en grandes fundiciones que necesitan de 10 a 200 toneladas de metal fundido al mismo tiempo. En un pequeño taller de fundición por obra determinada, en que pueden necesitarse de 120 kilogramos a 1 tonelada de metal a intervalos frecuentes, el mejor puede ser el horno de crisol con sistema de volteado basculante, como es el caso del horno diseñado en este proyecto. La elección del horno puede ser por: consideraciones de costo inicial, costo de mantenimiento y reparación, costo básico de operación, disponibilidad y relativo costo de los diversos combustibles, limpieza y nivel de ruido en operación, eficiencia de la fusión en particular la velocidad de fusión, el grado de control requerido (purificación o refinado del metal), composición y temperatura de fusión del metal, y elección personal o influencia del vendedor. [2]

2.1.3.1 Hornos de combustible para fundición con crisol

Es el tipo más sencillo de horno, se utilizan ampliamente para la fundición en lotes de metales no ferrosos como aluminio, cobre, zinc y magnesio. El elemento más importante es el crisol, que puede ser de grafito o carborundo, mezclado con aglutinantes tales como arcilla, cuarzo o alquitrán, los crisoles de grafito son totalmente neutros con respecto al aluminio fundido, pero tienden a ser más frágiles que los crisoles de carborundo. La figura 2.9 muestra las principales partes de un horno de crisol calentado a gas.

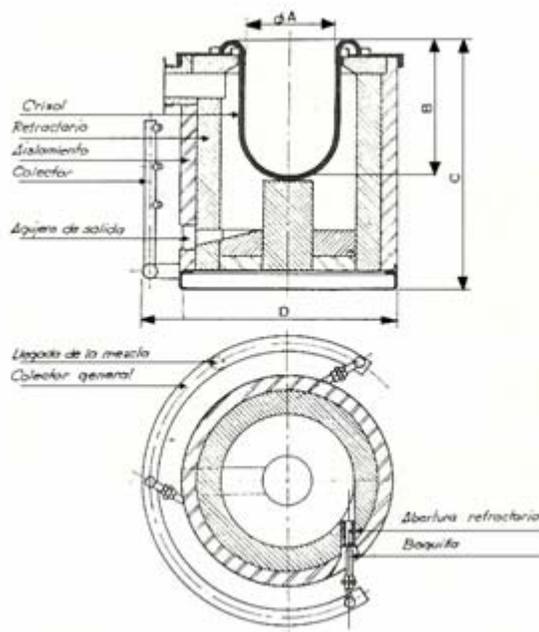


Figura N° 2.9 Principales partes de un horno de crisol a gas.

Fuente: De la Poza J., "Hornos para Fundir Metales y sus Aleaciones (1994)

2.1.3.2. Diseño termodinámico para hornos de fundición con crisol a gas

Para el diseño termodinámico de hornos con crisol a gas, se deben tener claro ciertos términos: gas natural (combustible seleccionado en el diseño del horno), resistencia térmica, aislamiento térmico, calor convectivo y conducido en cilindros huecos, entre otros.

➤ **Gas natural:** El desarrollo y perfeccionamiento de la tecnología del gas han contribuido decididamente a que esta fuente natural de energía sea factor importante en la vida moderna, tanto para las industrias como para el hogar. Este combustible ofrece usos tales como:

a) Combustible eficiente:

- Es limpio, no produce hollín; por lo tanto, los equipos en que se usa como combustible no requieren mantenimiento especial.
- Puede manejarse a presiones deseadas de entrega en los sitios de consumo.
- Su poder calorífico y combustión son altamente satisfactorios.
- Volumétricamente es susceptible a la compresión o expansión, en función a la relación presión-temperatura que se le desee imponer.
- Puede ser transportado por sistemas de tuberías madres, troncales y ramales, especialmente diseñadas, que permiten mantener rangos de volúmenes a presiones deseadas.

b) Insumo para procesos: El gas seco, húmedo o condensado, a través de tratamientos adecuados, sirve de insumo para la refinación y petroquímica, donde por medio de plantas especialmente diseñadas se hacen recombinaciones de las moléculas de los hidrocarburos para obtener materia prima semielaborada para una cadena de otros procesos o productos finales para los mercados. El gas natural separado del petróleo (gas asociado) y el gas libre (no asociado) procedente de yacimientos de gas solo es tratado y acondicionado para obtener gas seco de ciertas especificaciones: metano, que se despacha por gasoducto y red de distribución a ciudades y centros

industriales donde se utiliza como combustible. El gas, sujeto a procesos y tratamiento adecuados y separado en metano, etano, propano y butano, puede ir finalmente a las plantas petroquímicas para ser convertido ulteriormente en una variedad de productos semielaborados o finales. De igual manera puede ser enviado a las refinerías, donde sus moléculas son desintegradas térmicamente y, con extracciones adicionales derivadas de los crudos allí refinados, son enviadas a las plantas petroquímicas.

Tabla N° 2.3. Componentes y características del gas natural.

Fuente: El pozo ilustrado (2002)

Componente	Formula química	Estado	Variación de porcentaje molecular
Metano	CH ₄	gas	55,00 - 98,00
Etano	C ₂ H ₆	gas	0,10 - 20,00
Propano	C ₃ H ₈	gas	0,05 - 12,00
n-Butano	C ₄ H ₁₀	gas	0,05 - 3,00
Iso-Butano	C ₄ H ₁₀	gas	0,02 - 2,00
n-Pentano	C ₅ H ₁₂	líquido	0,01 - 0,80
Iso-Pentano	C ₅ H ₁₂	líquido	0,01 - 0,80
Hexano	C ₆ H ₁₄	líquido	0,01 - 0,50
Heptano +	C ₇ H ₁₆	líquido	0,01 - 0,40
Nitrógeno	N	gas	0,10 - 0,50
Dióxido de carbono	CO ₂	gas	0,20 - 30,00
Oxígeno	O ₂	gas	0,09 - 0,30
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	gas	TRAZAS - 28,00
Helio	H _e	gas	TRAZAS - 4,00

➤ **Aislamiento térmico:** El objetivo de un aislamiento es impedir en alguna medida la transferencia de calor desde o hacia el cuerpo aislado. Los materiales de aislamiento térmico aprovechan en general el hecho de que el aire es un excelente aislante; por esta razón, la mayoría de los materiales usados como aislantes son porosos, manteniendo el aire atrapado en su interior y por ende el coeficiente de conductividad térmica será en general, tanto más pequeño como sea su masa por unidad de volumen. Sin embargo, existe una masa por unidad de volumen determinada para cada material de aislamiento térmico poroso, que por debajo de ella

aumentará nuevamente la conductividad térmica. Esto se debe a que los poros son lo suficientemente grandes para permitir en su interior una transferencia de calor por convección natural.

➤ **Resistencia térmica:** La resistencia térmica de un elemento es la capacidad que tiene ese elemento para oponerse a la transmisión del calor. [5]

Para el cálculo de las resistencias térmicas en un cilindro hueco se usa la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\ln\left(\frac{R}{r_k}\right)}{2 * \pi * K * L} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Para el cálculo de las resistencias del aire forzado y libre en un cilindro hueco:

$$R = \frac{1}{2 * \pi * h * r_k * L} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

➤ **Calor de fusión:** El calor de fusión o entalpía de fusión es la cantidad de energía necesaria para hacer que un mol de un elemento que se encuentre en su punto de fusión pase del estado sólido al líquido, a presión constante.

El calor necesario para fundir 1kg de metal se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Q = Cp (Tf - To) + L \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Donde:

Cp = Calor específico

Tf = Temperatura de fusión

To = Temperatura inicial

$L =$ Calor latente de fusión [5]

➤ **Conducción de calor radial en cilindros:** Para que exista transmisión de calor por conducción, se considera que el calor fluirá a través de un medio cuyas moléculas están fijas en sus posiciones, es decir un medio sólido. Este flujo de calor ocurrirá sólo si existe un salto térmico entre dos puntos del sólido. Este salto térmico o diferencia de temperaturas será expresado en forma infinitésima con ΔT , a su vez para que tenga lugar el flujo de calor debe transcurrir un tiempo, al que llamaremos con el infinitésimo Δt . Al calor también lo tomaremos como infinitésimo ΔQ .

Para calcular la razón de flujo de calor para el cilindro hueco, partimos de la ecuación de Fourier:

$$Q = -kAr \frac{dT}{dr} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Integrando la ecuación de Fourier se obtiene el calor conducido radialmente en cilindros para un sistema real, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Q_{cond} = \frac{T_i - T_o}{\frac{Ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2 * \pi * K * L}} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Donde:

$K =$ coeficiente convectivo

$L =$ longitud

$r_o =$ radio menor

$r_i =$ radio mayor

➤ **Transferencia de calor por convección:** Si existe una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o un gas, es casi seguro que se producirá un movimiento

del fluido. Este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección.

El movimiento del fluido puede ser natural o forzado. Si se calienta un líquido o un gas, su densidad (masa por unidad de volumen) suele disminuir. Si el líquido o gas se encuentra en el campo gravitatorio, el fluido más caliente y menos denso asciende, mientras que el fluido menos denso desciende. Este tipo de movimiento, debido exclusivamente a la no uniformidad de la temperatura del fluido, se denomina convección natural. La convección forzada se logra sometiendo el fluido a un gradiente de presiones, con lo que se fuerza su movimiento de acuerdo a las leyes de la hidrodinámica. [5]

$$Q_{conv} = \frac{T_s - T_\infty}{\frac{1}{h * A}} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Donde:

h= coeficiente convectivo del aire

A= área de convección

➤ **Materiales aislante y refractario:** para realizar el diseño termodinámico de los hornos es necesario estudiar su rendimiento térmico, para lo cual es necesario el uso de materiales aislantes y refractarios o aislante-refractario, siendo este último el usado en el diseño del horno de este proyecto.

a) Materiales aislantes: Su principal finalidad es eliminar o reducir la transmisión de calor, tienen por objeto restringir el paso de calor de un punto a otro. Estos materiales no están expuestos en el interior de los hornos, o sea, en

comunicación directa con la cámara de combustión, forman una pared intermedia entre la chapa que compone el armazón metálico y la obra refractaria.

b) Materiales refractarios: Estos materiales son capaces de conservar su forma y propiedades mecánicas a temperaturas elevadas y frente a productos corrosivos fundidos, circunstancias que concurren en una gran parte de sus aplicaciones.

c) Materiales aislantes refractarios (manta kaowool): La manta Kaowool es refractaria y aislante, la cual es fabricada de una mezcla aluminosilicosa de alta pureza. La fibra resultante de estos materiales tiene un límite normal de uso de 1.427°C , con un punto de fusión de 1.815°C . Durante el proceso de fabricación las fibras se entrelazan formando un producto resistente a la delaminación y por consiguiente sus características físicas son superiores a los productos fabricados con aglomerantes orgánicos. Esta manta es utilizada en:

- Aislamiento térmico de hornos, cámaras de combustión, etc.
- Aislamientos de refractarios
- Sellos de hornos de revenido, calentamiento, reformadores
- Filtros de alta temperatura

Sus propiedades físicas más resaltantes son:

- Largo de las fibras: 10 cm aproximadamente
- Gravedad específica: $2,56 \text{ g/cm}^3$
- Temperatura límite de uso continuo: 1.427°C
- Punto de fusión: 1.815°C
- Conductividad térmica a temperatura media de 1.090°C : $0,215 \text{ W/mK}$. [6]



Figura N° 2.2 Presentación comercial de Manta Kaowool

Fuente: propia (2008)

2.1.4. Aluminio

El aluminio es el tercer elemento más común encontrado en la corteza terrestre. Los compuestos de aluminio forman el 8% de la corteza de la tierra y se encuentran presentes en la mayoría de las rocas, de la vegetación y de los animales. El aluminio puro es un metal suave, blanco y de peso ligero.

El aluminio es fuerte, ligero, dúctil y maleable. Es un excelente conductor del calor y de la electricidad; el valor de su densidad es de $2,7 \text{ g/cm}^3$ y las temperaturas de fusión y ebullición son de 660° C y 2.467° C respectivamente. Una de las mayores ventajas del aluminio es que puede ser reciclado una y otra vez sin perder su calidad ni sus propiedades, por lo cual es uno de los principales metales ligeros usado para la fabricación de piezas por fundición. [7]

2.2. DISEÑO DE PLANTAS DE PRODUCCIÓN

Se refiere a la colocación de medios, recursos, instrumentos y servicios necesarios para la creación y funcionamiento de una organización, de tal manera que las actividades profesionales u ocio, a realizarse dentro del recinto o planta se lleven a cabo de manera efectiva y bajo niveles de seguridad definidos según la naturaleza del proceso de producción dicha organización. [8]

2.2.1. Distribución en planta

La distribución en planta se puede considerar como una ordenación de los espacios a fin de garantizar la seguridad laboral y el eficiente desempeño de los trabajadores, equipos, herramientas y materiales disponibles; con el fin de que los procesos se lleven a cabo en las mejores condiciones de trabajo y se logre un mejor rendimiento del tiempo durante la realización de las tareas.

La distribución en planta está clasificada en tres tipos clásicos:

- Distribución por posición fija: en ésta el material o los componentes principales permanecen fijos, todas las herramientas, hombres y resto de material se lleva a él.
- Distribución por proceso o por función: todas las operaciones del mismo proceso o tipo de proceso son agrupados conjuntamente.
- Distribución por línea de producción o por producto: el producto se realiza en un área, pero el material se mueve. Se coloca una operación inmediata adyacente a la siguiente.

2.2.2. Técnicas de distribución en planta

Para realizar una distribución de la planta existen técnicas, entre ellas tenemos:

2.2.2.1. Gráfico de relaciones

Es una matriz donde se registran las relaciones que guarda cada actividad, función, área o máquina con las demás actividades. Éste permite determinar que áreas o actividades de la planta están relacionadas, estableciendo la cercanía entre ellas, es decir, el gráfico mostrara cuales áreas se deben ubicar cerca y cuales lejos en base a las relaciones entre ellas. La elaboración del gráfico consiste en construir una matriz

diagonal en la cual se anotan los datos correspondientes a cada área, cada recuadro de la matriz se llena con la letra que indica el grado de proximidad entre ellos.

2.2.2.2. Diagrama de relaciones de actividad

Es una representación gráfica de los datos, basado en la información del gráfico de relaciones, muestra las relaciones de las áreas a través de símbolos sin tomar en cuenta el espacio.

2.2.3. Objetivos y principios básicos de una distribución de planta

- Integración: la integración de todos los factores pertinentes que afecten la distribución.
- Utilización: la utilización eficiente de la maquinaria, del personal y del espacio de la planta.
- Expansión: facilidad de expansión.
- Versatilidad: facilidad de adaptación a los cambios de productos, de diseño, de requisitos de ventas y a las mejoras de los procesos.
- Uniformidad: una división clara o uniforme de las áreas, en especial, cuando están separadas por muros, pisos, pasillos principales y similares.
- Cercanía: la distancia práctica mínima, para trasladar los materiales, los servicios de apoyo y al personal.
- Orden: la secuencia para que el flujo de trabajo sea lógico y las áreas de trabajo estén limpias.
- Comodidad: para todos los empleados tanto en las operaciones diarias y las periódicas.
- Satisfacción y seguridad de todos los empleados.

2.2.4. Seguridad e higiene en el diseño y distribución de planta

En cualquier planta se deben tener en cuenta todos los aspectos de seguridad e higiene, para así proteger a los empleados, los activos de la empresa y su entorno. Para la seguridad de la planta se debe tomar en cuenta algunos lineamientos generales relativos a diseños seguros:

2.2.4.1. Sistemas de prevención de accidentes

- Sistema que permitan identificar las zonas de riesgos en el diseño de la planta.
- Distancias entre fuentes de peligros y disposición de las mismas.
- Normas reconocidas de diseño para la prevención de accidentes laborales.
- Identificación de elementos de protección y su ubicación en las áreas de trabajo.

2.2.4.2. Sistema para la mitigación de accidentes

Para la detección temprana: detectores de gases, humo, radiación, pinturas especiales, ronda de vigilancia de los operadores, sistemas individuales de supervisión, etc. [8]

2.2.5. Estructura Organizativa

La finalidad de una estructura organizacional es establecer un sistema de papeles que han de desarrollar los miembros de una entidad para trabajar juntos de forma óptima y que se alcancen las metas fijadas en la planificación.

Se define como miembro de una organización al factor humano, por lo que es necesario determinar el número de trabajadores que desarrollaran las actividades en la

organización, las necesidades de los mismos, y los servicios que serán prestados a estos.

2.2.6. Elementos de la organización

- Los objetivos deben ser verificables, precisos y realizables. Para que sean precisos deben ser cuantitativos y para ser verificables deben ser cualitativos.
- Tiene que haber una clara definición de los deberes, derechos y actividad de cada persona.
- Se tiene que fijar el área de autoridad de cada persona, lo que cada uno debe hacer para alcanzar las metas.
- Saber cómo y dónde obtener la información necesaria para cada actividad. Cada persona debe saber donde conseguir la información y le debe ser facilitada. [9]

2.2.7. Proceso productivo

Se define como el conjunto de actividades y etapas que se llevan a cabo, de manera secuencial, en una organización, tomando en cuenta los elementos de producción que intervienen en el mismo; tales como: recurso humano, tecnológico, administrativo, económico, etc.

2.2.7.1. Diagrama de procesos

Es una representación gráfica del orden de las operaciones, transporte, inspecciones, demoras y almacenamientos que tienen lugar durante un proceso, de tal manera que su visualización y análisis se realice de manera efectiva.

2.3. ESTUDIO DE MERCADO

En función del análisis de un conjunto de parámetros, se puede conocer el comportamiento del mercado con respecto a la demanda y la oferta, para lo cual es necesario definir términos estadísticos que son esenciales en este tipo de estudios, tales como:

- Población: Es aquel conjunto de individuos o elementos que podemos observar, medir una característica o atributo. Ejemplos de población: El conjunto de todos los estudiantes de una Universidad; El conjunto de personas fumadoras de una región.
- Muestreo: Se refiere al procedimiento empleado para obtener una o más muestras de una población haciendo uso de la ecuación 2.7. Éste se realiza una vez que se ha establecido un marco muestral representativo de la población, luego se procede a la selección de los elementos de la muestra, aunque hay muchos diseños de la muestra. Al tomar varias muestras de una población, las estadísticas que calculamos para cada muestra no necesariamente son iguales, lo más probable es que varíen de una muestra a otra.

$$n = \frac{z^2 * \delta^2}{E^4} \quad (\text{Ec.2.7})$$

- Muestreo Aleatorio Simple: Es la forma más común de obtener una muestra en la selección al azar, es decir, cada uno de los individuos de una población tiene la misma posibilidad de ser elegido. Si no se cumple este requisito, se dice que la muestra es viciada. Para tener la seguridad de que la muestra aleatoria no es viciada, debe emplearse para su constitución una tabla de números aleatorios. Este procedimiento, atractivo por su simpleza, tiene poca o nula utilidad práctica cuando la población que estamos manejando es muy grande.

- Datos estadístico: Son los datos o medidas que se obtienen sobre una muestra y por lo tanto una estimación de los parámetros.
- Parámetro: Son las medidas o datos que se obtienen sobre la distribución de probabilidades de la población, tales como: la media, la varianza, la proporción, etc.
- Error muestral, de estimación Standard: Es la diferencia entre un estadístico y su parámetro correspondiente. Es una medida de la variabilidad de las estimaciones de muestras repetidas en torno al valor de la población, nos da una noción clara de hasta dónde y con qué probabilidad una estimación basada en una muestra se aleja del valor que se hubiera obtenido por medio de un censo completo.

2.4. ESTUDIO ECONÓMICO

Análisis de un conjunto de variables económicas, lo cual determina el monto de los recursos económicos necesarios para la puesta en marcha de un proyecto.

2.4.1. Inversión inicial

Todos los activos fijos y diferidos que se adquieren para la puesta en marcha del proyecto, sin tomar en cuenta el capital de trabajo.

2.4.2. Costos de producción

Es el resultado de la valuación que se realizan a los diferentes factores que incurren directamente con la producción de la organización.

2.4.3. Valor Presente Neto (VPN)

Es el valor que resulta de la restar la suma de los flujos descontados de la inversión inicial, este método consiste en trasladar las cantidades futuras al presente.

$$VPN = -\frac{FNE_1}{D} + \frac{FNE_2}{D^2} + \frac{FNE_3}{D^3} + \frac{FNE_4 + Vs}{D^4} \quad (\text{Ec. 2.8})$$

2.4.4. La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR)

En una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero. El VAN o VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO

En este capítulo se esquematizó de manera secuencial y cronológica las actividades realizadas para alcanzar los objetivos de este proyecto, seguidamente se especificó la manera en que se lograron dichas actividades. Según el flujograma propuesto en la figura 3.1., el proyecto fue dividido en diez actividades, y éstas a su vez, en subactividades, tales como: observaciones, muestreo, mediciones, cálculos, selección de equipos y materiales, pruebas físicas y químicas, análisis computacionales, entre otras.

3.1. Flujograma de actividades

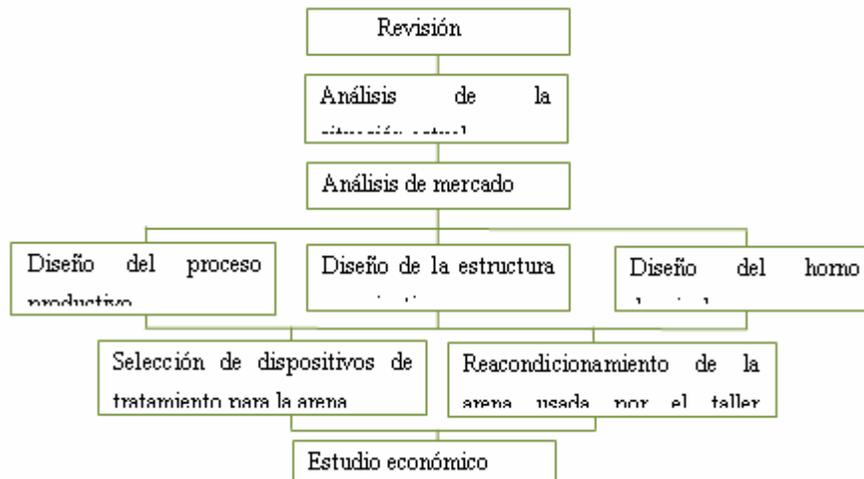


Figura N° 3.1. Flujograma de las actividades desarrolladas en el proyecto.

Fuente: propia (2008)

3.2 Materiales, equipos y sustancias.

3.2.1. Equipos:

- Computador COMPAQ DESKPRO EN con Procesador Pentium IV 930 MHz y 512 MB de RAM.
- Impresora HP Photosmart C3100.
- Cámara Digital HP Photosmart R507.
- Equipos de protección personal (casco, botas, lentes y braga).
- **Hidrómetro N° 152-H.**
- Apisonador, Dieter Detroit, Serial N° 28313.
- Maquina universal de ensayos, Dieter Detroit, Serial N° 28592.
- Balanza, Fairbanks-Morse, serial N° 6663982, con capacidad de 100lb y apreciación de 0,0625lb.
- Dispositivo mecánico de A. Casagrande para determinar el límite líquido.
- Horno de secado.

3.2.2. Materiales

- Artículos de oficina: papel tamaño carta, lápices, bolígrafos, carpetas, engrapadoras, clip, etc.
- Arena natural.
- Cilindro metálico.
- Rodillo.
- Cilindro graduado, con capacidad 250ml y apreciación de 1ml.
- **Cápsula de cerámica N° 4.**
- **Cinta métrica.**

3.2.3. Sustancias

- **Agua**
- **Sodio Polifosfato (NaPO₃)**

3.3 Desarrollo de las etapas

A continuación se muestran, detalladamente los procedimientos seguidos, en el desarrollo de cada una de las etapas que fueron necesarios cumplir, para lograr el objetivo principal de este proyecto.

3.3.1. Revisión bibliográfica

Se procedió a buscar y recopilar toda la información relevante al tema a tratar en el trabajo planteado. Esta búsqueda y recopilación incluyó la revisión de libros, revistas técnicas, publicaciones, manuales, tesis de grados y la Internet, esta etapa sentó las bases teóricas necesarias para la realización de los objetivos planteados.

3.3.2. Evaluación de la situación actual del taller

Para diagnosticar la situación del taller se utilizaron varias técnicas para lograr su cabal cumplimiento. En una primera fase, se realizaron visitas a las instalaciones del taller con el objeto de constatar el estado del espacio físico en el que se desarrollan las actividades productivas del mismo, así como la distribución de los equipos y maquinarias usadas, observando el funcionamiento de las mismas durante su operación. Se tomaron notas de los detalles más resaltantes de estas visitas de inspección; además, de levantar un registro de los equipos en funcionamiento, de tal manera de hacer un registro de los equipos existentes que conformar el taller de fundiciones ALUMNOR C.A. En esta fase también se observaron, midieron y

describieron las áreas en las que se realizan las actividades, así como la distribución en las instalaciones del taller, para la realización del plano que permite la fácil visualización e identificación de dichas áreas así como su relación.

Una segunda fase que consistió en determinar las condiciones de trabajo en las que labora el personal del taller, haciendo uso de inspecciones, observaciones y entrevistas, para conocer la cantidad de operarios, cargos, funciones, y planes de higiene y seguridad empleados en el desarrollo de la actividad productiva. Se tabularon y esquematizaron las características del trabajo y sus condiciones, para analizarlas y generar propuestas de acuerdo a las normas de seguridad industrial venezolana, lo cual forma parte del cumplimiento de uno de los objetivos de este proyecto.

Como tercera y última fase, la inspección se focalizó en el estudio del proceso productivo de la fabricación de las piezas, registrando los tiempos de operación, las distancias entre los centros de operaciones y el método de trabajo utilizado para la obtención de dichas piezas.

3.3.3. Análisis de mercado

Para realizar el análisis de la demanda, se hizo uso de técnicas que proporcionaron la información necesaria para estimar el mercado sobre el cual labora el taller y con ello el comportamiento del consumo de utensilios de cocina en la poblaciones adyacentes a la zona en la que labora el mismo, de igual manera, se hizo la estimación de demanda, oferta, precio y comercialización, así como la demanda insatisfecha, la cual resulta del bajo nivel de oferta de piezas y utensilios de cocina que se colocan en el mercado, todo esto se llevó a cabo con el objetivo de establecer un indicativo que sirviera como punto de referencia en cuanto al nivel de producción que se debía adoptar, para el diseño del taller. Para lograr un eficiente análisis de mercado se tuvieron que desarrollar las siguientes actividades:

3.3.3.1. Identificación de los consumidores

Se realizó una investigación documental de los distintos mercados del país para conocer los posibles clientes potenciales, haciendo uso de datos que fueron facilitadas por organismos públicos y privados, como lo fueron:

- INE, Instituto Nacional de Estadística, Estado Sucre.
- MPC, Ministerio de Producción y Comercio.
- Cámara de Comercio del Estado Sucre.
- Sistema de facturación del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.

3.3.3.2. Muestra tomada de la población demandante de utensilios de aluminio

Tomando en cuenta los datos proporcionados por el INE (Instituto Nacional de Estadística) y un según el tipo de investigación que se llevo a cabo en este proyecto, definen al estado sucre dentro de nivel de confianza y error de 95% y 5% respectivamente. Para este cálculo, se asumió una muestra de al menos 30 organizaciones comerciales, lo que proporcionó los parámetros de la desviación estándar, del consumo de utensilios de cocina. Para ello en la encuesta realizada se plantearon las preguntas: ¿Qué cantidad de piezas y con qué frecuencia le suministran los utensilios de cocina sus proveedores? Los resultados de dicha muestra se encuentran reflejados en el capítulo 4, apartado 4.2.

3.3.3.3. Método de compilación de datos

La técnica utilizada fue la encuesta, y consistió en evaluar el comportamiento de los consumidores ante una serie de productos, para establecer parámetros que identificaran la demanda, oferta, precios y otros datos del desempeño diario de los encuestados. Los datos compilados a través de la encuesta, busco inicialmente

identificar las tiendas y abastos que forman parte de la clientela del taller, haciendo uso de una serie de preguntas que se encuentran reflejadas en el anexo A-2, las cuales generaron información acerca de las empresas que ofrecen productos y servicios similares a los ofrecidos por el taller ALUMNOR C.A.

3.3.3.4. Análisis de la demanda

Se hizo necesaria la definición y presentación del producto con el principal objetivo de determinar y medir la demanda del mismo, las variables que afectan su comportamiento en el mercado, así como la posibilidad de la colocación de los productos en el mercado. En este análisis de demanda, se utilizaron fuentes primarias como las respuestas obtenidas en la encuesta realizada, con las cuales se verificó la aceptación del producto, en cuanto al precio, calidad, requerimientos de consumo, comercialización, demanda insatisfecha por parte de empresas de competencia, entre otros.

3.2.3.5. Proyección de la demanda

Se predijo el comportamiento de la demanda de utensilios de cocina, haciendo uso del método de regresión lineal múltiple, para obtener la ecuación que representa la tendencia de la demanda, empleando como variables el tiempo y la demanda histórica de los utensilios de cocina en el estado sucre, considerando además la tasa de inflación y el producto interno bruto (PIB) tal y como lo muestra la ecuación 3.1

$$Y_i = \alpha + (\beta * X) + (y * Z_i) \quad (\text{Ec 3.1.})$$

Donde:

β = coeficiente de la variable tiempo.

α = coeficiente independiente.

y = coeficiente de la variable tasa de inflación.

X_i = valores en años.

Z_i = tasa de inflación.

Y_i = demanda esperada.

3.3.3.6 Análisis de los precio

Para determinar los precios de venta de los productos que ofrece el taller de fundiciones ALUMNOR C.A, se tomaron como referencia los precios de productos similares que se encuentran en el mercado, haciendo uso de un registro de precios, en el que los datos fueron obtenidos de las vitrinas y estanterías de la competencia (CADA, MAKRO y algunos Mercados Municipales en el Estado Sucre), así como los precios reflejados en el sistema de facturación con el que cuenta el taller de fundiciones ALUMNOR C.A.

3.3.4. Diseño de la estructura organizativa del taller

Se creó una estructura organizativa con diseño matricial, capaz de evolucionar de acuerdo a las políticas y planes futuros del taller, por ello se hizo necesario llevar a cabo los siguientes pasos:

1. Identificar y clasificar las actividades que se deben realizar en la empresa.
2. Se agruparon estas actividades.
3. A cada grupo de actividades se le asignó un director con autoridad para supervisar y tomar decisiones.
4. Se coordinó vertical y horizontalmente la estructura resultante.

3.3.5. Diseño del proceso productivo del taller

Se identificaron las etapas básicas del proceso productivo del taller, especificando las áreas de trabajo y las actividades a realizar en éstas, tomando en cuenta cada una de las mejoras que propone el proyecto para cada una de estas áreas, optimizando así los recursos de instalaciones y materiales.

Las actividades del proceso productivo específicamente en la fabricación de piezas fueron identificadas según un diagrama de proceso en la figura N° 4.12 mostrado en el capítulo 4, en el que se especifica de manera secuencial el método de producción a utilizar en cada centro de trabajo.

3.3.6. Diseño del horno de crisol a gas natural y basculante

Para este diseño fue seleccionado un horno basculante de crisol con sistema de quemado a gas natural, por su fácil manejo y sus bajos costos en cuanto a construcción y mantenimiento respecta. El diseño de este horno se llevó a cabo partiendo de la capacidad de producción e instalación para la que fue diseñado el taller. Para cubrir la demanda de producción planteada se amerita fundir diariamente un aproximado de 400 kg de retal de aluminio, en base a ésto fue diseñado el horno.

Como fue mencionado anteriormente, el horno seleccionado para el diseño es basculante, con volteo de tipo manual, provisto de un crisol con pico, para verter el metal líquido fuera del horno; una tapa de con orificio para los gases de escape; la parte baja del horno cuenta con una boquilla soldada, tangente, para el quemador de gas y una abertura u orificio en su parte inferior que sirve para la descarga del metal fundido en caso de rotura del crisol; en la parte interior del horno (cámara de combustión), hay un revestimiento de fibra refractaria-aislante (kaowool) para evitar las pérdidas de calor; la cámara de combustión también cuenta con una base de cemento refractario (fabricado bajo norma COVENIN 0087:1996) en el fondo del horno, donde además se encuentra fijada la peana o base para el crisol (fabricada del

mismo cemento y ladrillos refractarios elaborados bajo norma COVENIN 1966:1996), la cual, junto con tres calces o cuñas, también de ladrillos refractarios, cumplen con la función de soportar el crisol.

3.3.6.1. Diseño termodinámico del horno

Para el diseño termodinámico del horno, se hizo principalmente necesario la selección del crisol, y así conocidas las dimensiones y capacidad del mismo, fijar las dimensiones para el cuerpo o envolvente del horno, las cuales fueron seleccionadas de la tabla B.1 mostrada en el anexo B-2, que hace referencia en la cita bibliográfica (3). Una vez obtenidas estas dimensiones, se formularon las ecuaciones termodinámicas correspondientes a la transferencia de calor en un cilindro hueco (forma del horno), para calcular el espesor de aislante necesario en el diseño del horno.

➤ Selección del crisol: La selección del material del crisol se hizo dependiente del metal a fundir, y su capacidad volumétrica se seleccionó de acuerdo a la cantidad necesaria de aluminio a fundir en un día de trabajo, según los resultados arrojados por el estudio económico.

➤ Cálculo del espesor de aislante y selección del quemador, para el diseño de la cámara de combustión: conocidos los parámetros: cantidad de aluminio a fundir, dimensiones y material del crisol, (las cuales se muestran en la figura 4.16 del capítulo 4), temperatura de colada, y tiempo de fusión, se desarrollaron las ecuaciones correspondientes a la cantidad de calor necesario para fundir 400 Kg de aluminio, estos cálculos se muestran en el anexo B1. Para el diseño de la cámara de combustión se necesitó conocer principalmente el espesor del aislante a usar (manta kaowool); este espesor es de suma importancia, debido a que las pérdidas de calor a través de las paredes del horno y por la tapa constituyen uno de los puntos más importantes que

afectan el eficiente funcionamiento del horno, por lo que se calculó el espesor del aislante necesario y su radio crítico, haciendo uso de las ecuaciones de transferencia de calor para pérdidas por las paredes de un cilindro hueco.

Luego de obtener la cantidad necesaria de calor para fundir el aluminio y la cantidad de calor suministrado por el gas natural en el tiempo estimado, fue seleccionado el tipo de quemador que más se adaptase a dichas condiciones. Los cálculos requeridos para esta selección se muestran en el anexo B-1.

3.3.6.2. Diseño estructural del horno

La estructura principal del horno está conformada por un cilindro hueco de acero, sellado en su parte inferior (mediante soldadura) con una lámina de acero de menor espesor. Esta estructura que forma el cuerpo del horno cuenta con una tapa que tiene un agujero en el centro para la salida de los gases producto de la combustión, la cual pivotea en una bisagra soldada en el borde superior de dicha estructura. Al cuerpo del horno van soldados dos ejes (a una distancia de pivoteo de 10 cm por encima de su centro de gravedad), los cuales se apoyan sobre cojinetes cuyos soportes están apernados a pórticos (diseñados con barras de acero AISI 1020) que le dan la altura final al horno y permiten que bascule. Se diseñó un sistema mecánico de volteo manual para hacer bascular el horno, como se muestra en la figura 3.1, dicho sistema está compuesto por un volante (el cual se seleccionó cumpliendo con las medidas antropométricas permitidas) que le transmite al eje de entrada la potencia producida por el operario del horno; esta potencia es transmitida al eje de salida (el cual va soldado al horno) mediante un engrane que a su vez embona con un piñón que está acoplado al eje de entrada; estos ejes reposan sobre cojinetes que los sujetan y permiten su movimiento con muy poca fricción.

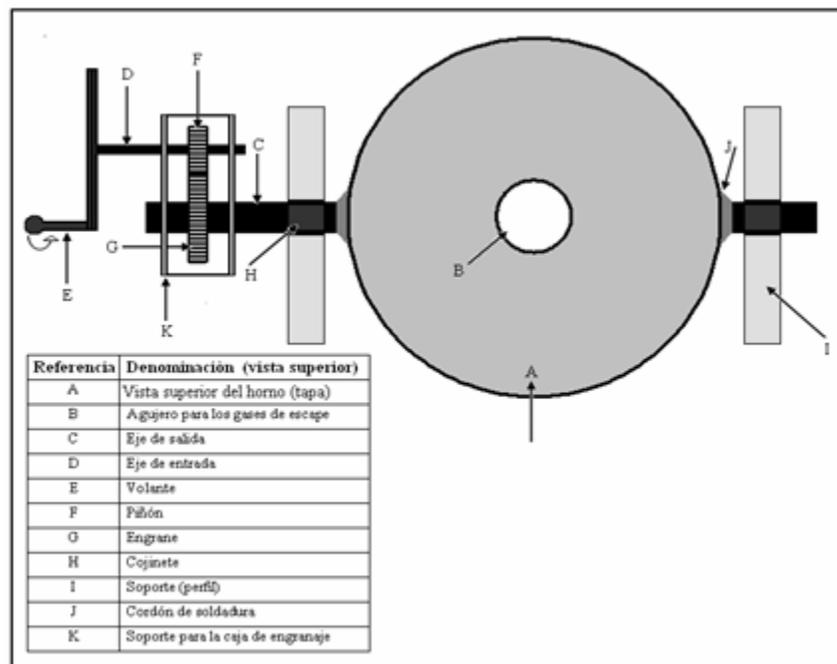


Figura N° 3.1. Vista superior del sistema basculante para el horno.

Fuente: propia (2008)

➤ Selección del acero para el envolvente, lámina de fondo y tapa del horno: partiendo del peso y temperatura que deben soportar las laminas de acero que forman la estructura o cuerpo del horno, se escogieron, láminas de acero AISI 1020 de 9,5mm (3/8”), para el envolvente y la lámina de fondo; la tapa se diseño con acero AISI 1020 de 3mm de espesor.

➤ Diseño de los engranes para el sistema de volteo basculante: Se diseñaron engranajes de geometría recta; para iniciar el diseño se necesito conocer: el torque máximo producido por el horno, a una distancia de pivoteo de 10 cm por encima de su centro de gravedad, y el torque máximo producido por una persona de 70 Kg (operario del horno), usando un volante de 70 cm de diámetro. Se fijó una velocidad inicial de salida para el horno de 5 rev/min, que se adapta a la velocidad con que se debe mover este tipo de maquinaria; así como también se fijó un diámetro inicial para

el piñón de 10 cm, con estos valores y los resultados obtenidos previamente de: torque máximo producido por el horno y el operario, se calculó el diámetro necesario para el engrane mayor o rueda dentada, para que el sistema de transmisión funcione y el operario pueda voltear el horno, también se calcularon los esfuerzos, y factores de fuerza (factores en el análisis de diseño) a los que estarán sometidos los engranajes. El material a usar para el diseño de los engranajes, se eligió de acuerdo a la resistencia, los esfuerzos de contacto producidos en los dientes, entre otros factores que se pueden verificar en la tabla 4.19. del capítulo 4. Todos los cálculos relacionados a este diseño se muestran en el anexo B.2.

Para el diseño de los engranajes rectos escogidos, se usó la metodología empleada por el libro citado en la bibliografía con apartado (3), en sus capítulos 8 y 9, (cinemática de los engranajes y diseño de engranajes rectos).

➤ Diseño de ejes para el soporte y sistema basculante del horno: Para el diseño de los ejes se usó el procedimiento recomendado por la norma ANSI B106.1M-1985, usando como criterio de falla “la teoría de falla por energía de distorsión” (criterio de Von Mises). Se seleccionó para el diseño un acero AISI 1040 OQT 400, y utilizando los parámetros: torque y cargas axiales y radiales (mostrados en tabla 4.18 del capítulo 4), y el peso del horno (sin el sistema basculante), se diseñaron los ejes, los cálculos asociados a este diseño se muestran en el anexo B-2. En esta etapa también se calculó el espesor del cordón de soldadura necesario para la unión de los ejes al horno, tomando en cuenta los esfuerzos de corte y torsión ejercidos sobre el eje, así como también se seleccionó el tipo de electrodo a usar para dicha soldadura; cabe destacar que el cordón de soldadura que une a los ejes del horno, se reforzara con unas chapas metálicas igualmente soldadas, esto como condición de sobrediseño.

➤ Selección de cojinetes y sus soportes: Para la selección de los cojinetes se estimó una vida útil de 8000 horas, recomendada para este tipo de maquinaria. El eje de

entrada cuenta con dos cojinetes; haciendo uso de las cargas resultantes soportadas en cada punto del eje (las cuales se muestran en las figuras 4.27. y 4.28. del capítulo 4), los diámetros previamente cálculos, y la velocidad de giro del eje, se calcularon las cargas dinámicas para cada cojinete (estas cargas se muestran en la tabla 4.23. del capítulo 4); luego se procedió a escoger unos rodamientos comerciales de rodillo que cumplieran con los requerimientos necesarios, el catálogo de selección se muestra en el anexo C-5.

Para la selección de los rodamientos del eje de salida, se realizó el mismo procedimiento que para el eje de entrada; variando las cargas, el diámetro y acotando que el eje debe girar a 5 rev/min, lo que fue fijado como condición inicial, debido a que esa es la velocidad a la que debe girar aproximadamente ese tipo de maquinaria. Los cálculos relacionados a la selección de los cojinetes se muestran en el anexo B-2.

➤ *Diseño de soporte o pórtico para el horno:* Se diseñaron dos pórticos o soportes que le dan la altura final al horno y lo permiten bascular. Estos pórticos están diseñados con barras de acero AISI 1045; en sus extremos superiores van ensamblados los soportes para cojinetes que unen a los ejes principales del horno (soldados a ambos lados del cuerpo del horno). Los estudios de esfuerzo y deformación para esta estructura fueron realizados por análisis computacional haciendo uso del software Cosmo Express del paquete de instalación de SolidWorks Professional versión 2006, estos análisis se muestran en las figuras 4.43 y 4.44 del capítulo 4.

3.3.7. Evaluación de la arena natural utilizada en el taller ALUMNOR C.A.

Se estudiaron las propiedades de la arena de moldeo utilizada en el taller ALUMNOR C.A., mediante pruebas mecánicas y químicas regidas por las normas ASTM como: resistencia al corte y a la compresión en verde, permeabilidad,

morfología del grano (por prueba de granulometría y ensayo de hidrómetro), contenido de humedad y límites de consistencia. Los resultados de estas pruebas se muestran en el capítulo 4. Estos resultados, fueron usados como base para el acondicionamiento de la nueva arena. A continuación se describen cada una de las pruebas realizadas.

3.3.7.1. Resistencia a la compresión en verde (ASTM D-695)

Esta prueba se realizó para determinar la resistencia a la compresión (capacidad que tiene la arena para sostener la forma del molde) de la arena para moldeo usada en el taller ALUMNOR C.A. Los pasos seguidos en el procedimiento experimental de la prueba fueron los siguientes:

1. Se tomó una cantidad de arena y se cernió hasta conseguir una buena fineza de la misma, luego fue tamizada hasta eliminar la mayor cantidad de grumos, y se colocó en una caja para ser pesada.
2. Se calculó, midió y agregó a la arena; la masa de agua con la que se consigue un porcentaje de humedad al 2%; esta mezcla fue homogenizada.
3. Se colocó cierta cantidad de arena en el porta probeta y se compactó en el pisón universal (tres golpes), verificando que el tamaño de la probeta cumpliera con las tolerancias establecidas.
4. Luego se retiró la arena compactada del cilindro (probeta), y se colocó en la máquina universal de ensayos (figura 2.2 del capítulo 2) utilizando en la máquina el disco para resistencia a la compresión como el mostrado en la figura 3.2; se giró la leva de la máquina con una velocidad uniforme hasta que la probeta fracturara, y se tomó nota de la medida de resistencia a la compresión en verde arrojada por la escala de la máquina en el punto donde llegó la probeta.

- Se repitieron los pasos del 2 al 4, variando el porcentaje de humedad: 4, 6, 8, 10 y 12%.

Los resultados obtenidos en la prueba de compresión a la resistencia en verde se muestran en la tabla N° 4.26 y gráfico 4.2 del capítulo 4.

3.3.7.2. Resistencia al corte en verde (ASTM D-695)

Esta prueba se realizó para determinar la resistencia en verde que ofrece la arena, lista para el moldeo, a la acción de una fuerza cortante, usada en el taller ALUMNOR C.A. A pesar de arrojar este ensayo resultados diferentes al de resistencia a la compresión, los pasos uno, dos y tres seguidos para realizar el ensayo fueron los mismos, el cuarto paso se realizó de la igual manera, pero se vario: el disco usado en la máquina universal de ensayos, como el mostrado en la figura 3.3, y la escala de medición en la máquina que en éste caso fue la de resistencia al corte en verde.



Figura N° 3.2. Disco usado para la prueba de resistencia a la compresión



Figura N° 3.3. Disco usado la prueba de resistencia al corte

3.3.7.3. Prueba de contenido de humedad (ASTM D-2216)

Esta prueba se realizó para determinar el grado de humedad de la arena usada en el taller ALUMNOR C.A., y así poder comprobar si dicho grado se encontraba en un rango de 3% a 6%, que es el valor que deben tener las arenas de moldeo. La determinación de la humedad para la arena usada en el taller se realizó con el siguiente procedimiento:

1. Fue seleccionada una muestra representativa de arena.
2. Se introdujo la muestra de arena en un horno de secado, por aproximadamente 16 horas, el cual mantuvo una temperatura constante en su interior de 110°C.
3. Por último fue retirada la muestra del horno después de transcurrido el tiempo, se esperó que la misma volviera a temperatura ambiente y se procedió a pesar nuevamente. Los resultados obtenidos en esta prueba se muestran en la tabla 4.28 del capítulo 4.

3.3.7.4. Prueba de granulometría (ASTM D-422)

El análisis granulométrico por tamizado, fue realizado para determinar los componentes de la arena mediante la separación y clasificación de los tamaños de las partículas que la componen, siendo éstas expresadas en porcentaje del peso total. El procedimiento seguido en la realización de la prueba fue el siguiente:

1. Se tomó una muestra de 260 g de la arena ya seca con la que se hizo la prueba de contenido de humedad. Dicha muestra se pasó por los tamices de diferentes mallas enumerados como 4, 10, 20, 40, 60, 100 y 200, pesando a la vez la muestra de arena retenida por cada tamiz.
2. El porcentaje de arena retenido sobre cada tamiz se calculó por la siguiente fórmula:

$$Ret = \frac{Peso\ Ret.}{Peso\ Total} * 100 \quad (\text{Ec. 3.2.})$$

Luego se calculó el porcentaje más fino por la siguiente fórmula:

$$Mas\ Fino = 100\% - \sum \% Ret \quad (\text{Ec. 3.3.})$$

3.3.7.5. Límites de consistencia (ASTM-D-424):

Se determinaron los límites de consistencia de la arena usada en el taller ALUMNOR C.A., para clasificar y ubicar la misma haciendo uso del contenido de humedad obtenido, en la tabla B.11 de tipos de suelos según norma ASTM, mostrada en el anexo B.

➤ Límite plástico: se tomo una muestra de arena y se le determinó el contenido de humedad, haciendo uso de la prueba de ASTM D-2216. Luego se amasó la arena sobre una superficie lisa. Se formó un cilindro de 3 mm de diámetro aproximadamente con la arena previamente amasada; este cilindro de aplasto y se volvió amasar para hacer que perdiera humedad, y se formó nuevamente el cilindro, este proceso se repitió hasta que el cilindro se agrietó durante el procesos de amasado. Al agrietarse se consideró que se había alcanzado el límite plástico. Se peso la muestra y se le calculó nuevamente el porcentaje de humedad. El límite plástico es el promedio de los valores de humedad obtenido, los resultados se muestra en la tabla 4.30 del capítulo 4.

➤ Límite líquido: para determinar el límite líquido se uso un dispositivo mecánico de A. Casagrande como el mostrado en la figura 3.4, y los pasos seguidos en el ensayo fueron:

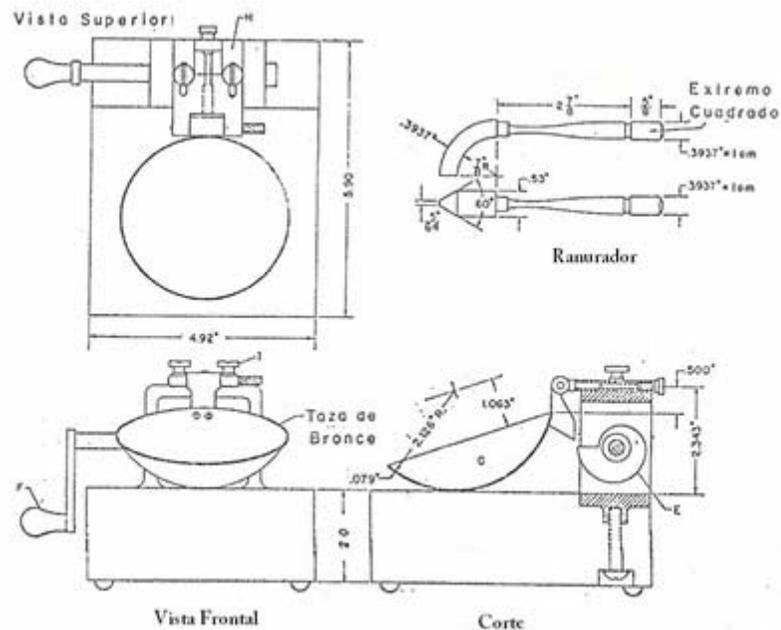


Figura N° 3.4, Dispositivo mecánico de A. Casagrande para determinar el límite líquido. Fuente: Mecánica de los suelos (1995)

1. Se colocó una muestra de arena sobre el platillo del dispositivo mecánico de A. Casagrande usado. Esta muestra se apisona contra el fondo del platillo con movimientos circulares mediante una espátula, para evitar que la mezcla atrapase burbujas de aire. Se niveló la muestra de tal manera de obtener 1cm de espesor.
2. Se separó la muestra por el centro con el ranurador, desde el interior hasta el borde del platillo, dejando un canal limpio.
3. Se giró la manivela del dispositivo con una velocidad en la caída del platillo de dos golpes por segundo, se contó el número de golpes requeridos para los labios de la ranura se unieran.
4. Se tomó la muestra y se secó, determinándole nuevamente el contenido de humedad. Se repitieron los pasos con la misma arena, disminuyéndole progresivamente el contenido de humedad, hasta que el número de golpes necesarios para cerrar los labios de la ranura, estuvieran en un rango de 30 a 40

golpes. Los resultados obtenidos en esta prueba se muestran en la tabla 4.30 del capítulo 4.

3.3.7.5 Ensayo de hidrómetro (ASTM D42-21):

Esta prueba se realizó para determinar el diámetro de las partículas que pasan por el tamiz N° 200, (que en este caso están conformadas por arcilla y limo) y así determinar con exactitud el porcentaje de arcilla que existe en el suelo estudiado. El procedimiento seguido en la realización de la prueba fue el siguiente:

1. Se cálculo el diámetro de las partículas, D (mm), mediante las ecuaciones:

$$D = K * \sqrt{L/t} \quad (\text{Ec. 3.4.})$$

Donde:

K: valor obtenido con la temperatura y el peso específico del suelo (tabla B.12.)

L: Profundidad efectiva (tabla B.13., del anexo B)

t: tiempo transcurrido entre medida en minutos

2. Se cálculo el porcentaje más fino parcial y total:

Porcentaje más fino parcial:

$$mfp = \frac{R + Cd + Ct}{P.S.S} * a * 100 \quad (\text{Ec. 3.5.})$$

Donde:

R= Lectura de (R'+cm.) corregida.

Cd= Corrección por desfloculante.

Ct= Corrección de las temperaturas (tabla B.14, anexo B).

a= valores de corrección para distintos pesos específicos (tabla B.15, anexo B).

Porcentaje más fino total:

$$mft = \frac{R + Cd + Ct}{P.S.S} * a * (\%tamiz200) \quad (\text{Ec. 3.6.})$$

- Una vez obtenidos los resultados de los diámetros y sus porcentajes, se realizó una gráfica semi logarítmica, en la que se pudo apreciar el valor cuantitativo de la cantidad de arcilla y limo presente en la arena.

3.3.8. Selección de los dispositivos para el tratamiento y manejo de la arena

Se estudiaron los diversos equipos usados para el acondicionamiento de la arena a nivel industrial, mediante revisión bibliográfica y visitas a empresas similares a la diseñada, seleccionando así los equipos que según el estudio le proporcionan mayor calidad a la arena, procurando mejorar el acabado final de la pieza al menor costo.

3.3.9. Establecer la factibilidad y rentabilidad del proyecto mediante el estudio económico en función de la inversión y los costos asociados.

Se hizo necesario determinar los costos de maquinarias, equipos, materiales de fabricación del horno diseñado, equipos de seguridad, inversión de infraestructura, salarios de los empleados que laboraran según la propuesta de diseño del taller, entre otros costos, con los que se cuantificó la inversión inicial de esta propuesta, utilizando técnicas de estudio económico (Valor Presente Neto), para contrastarla con los ingresos que producirán las mejoras que ofrece el diseño, y así se estableció la factibilidad y la rentabilidad del mismo en un periodo de tiempo específico.

3.3.10. Elaboración de los planos del taller

Luego de la elaboración del diseño en general y la selección de los equipos necesarios para el taller, se plasmó en varios planos de detalles, la estructura y componentes del taller, utilizando el software SolidWorks Profesional versión 2007.

3.3.11. Resultados y análisis

En esta etapa se dedujeron y describieron objetiva, sistemática y cuantitativamente los logros de la resolución del problema, mediante la interpretación de los resultados.

3.3.12. Conclusiones recomendaciones

De acuerdo con el desarrollo del trabajo y los resultados obtenidos se llegaron a unas conclusiones y por último se plantearon las recomendaciones pertinentes para el buen desempeño del taller.

3.3.13 Redacción del trabajo de grado

Se redactó el trabajo de grado del estudio efectuado de acuerdo a las normas propuestas por la comisión de trabajo de grado de la Universidad de Oriente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se muestran los resultados y análisis, obtenidos en el desarrollo del diseño del taller; estos resultados se presentan en tablas, gráficas, diagramas y figuras.

4.1. Diagnostico de la situación actual del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.

4.1.1. Localización del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.

Está ubicado en el Estado Sucre Municipio Ribero – Cariaco, sector de Parceleros, específicamente, en la segunda etapa del sistema de riego parcela, N° 05., lo cual se puede verificar en la figura 4.1, donde se aprecia la ubicación geográfica del taller. Se identificó la accesibilidad, condiciones de trabajo y disponibilidad con los que cuenta este taller, lo que define la localización del taller como:

- Cercana a los mercados de consumo; a solo 4,30 Km se encuentra el mercado municipal de Cariaco, en el cual se encuentran 12 distribuidores de los productos del taller, así también entre 16 y 55 Km se encuentran los mercados de Casanay, Carúpano, Rio Caribe y el Pilar.
- Disponibilidad de más de 100 metros cuadrados de terreno, aptos para las nuevas instalaciones del taller, por lo que no es necesario la compra de terreno para la construcción de nuevas áreas de producción en pro de la mejora y expansión de la estructura física del mismo.
- Materia prima disponible en la zona; como observamos en la figura 4.1, uno de los principales proveedores de retal de aluminio se encuentra a solo 2.95Km.

➤ Cuenta con servicios básicos mínimos necesarios, tomando en cuenta las consecutivas y prolongadas fallas del servicio eléctrico; así como también deficiencia e inestabilidad en las vías de acceso, debido a que las mismas no están asfaltadas.

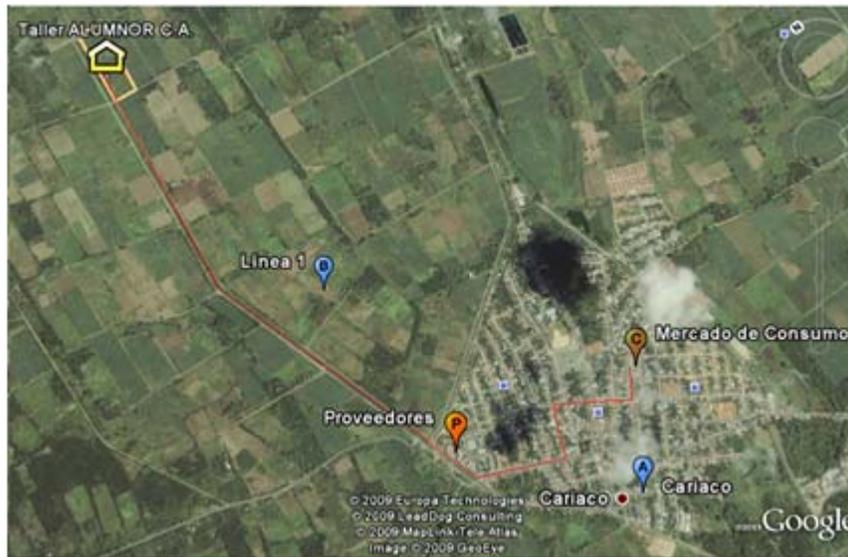


Figura N° 4.1 Ubicación geográfica del taller ALUMNOR C.A.

Fuente: Google Earth (2007)

4.1.2. Capacidad de producción actual de taller de fundiciones ALUMNOR C.A.

El taller es capaz de procesar 1.800 kilogramos de aluminio mensualmente, con un tiempo de operaciones de 8 horas diarias en 25 días al mes, cabe destacar que este nivel de producción es teórico, debido a que en la práctica no se ha logrado alcanzar. La producción del taller está definida según las cifras de los pedidos que han sido tramitados con antelación por parte de los clientes, por lo que la cantidad de piezas a fabricar varían de un periodo laboral a otro, lo que genera una inestabilidad en todas las áreas del taller, sobre todo en la contratación de personal para satisfacer dicho pedido, lo que ha causado en muchas ocasiones retrasos y fallas en los mismo y en

consecuencia se generan ingresos por debajo del necesario para cubrir los costos de producción, tanto de materiales, equipos e insumos, como para los costos que genera el recurso humano que hace posible alcanzar la producción.

El taller produce una colada diaria aproximada de 70 kilogramos, haciendo uso de un conjunto de elementos de producción dentro de los cuales las maquinarias herramientas y equipos juegan un papel importante, por lo que fueron definidos en la tabla 4.2; la puesta en marcha del funcionamiento de este taller produce “escasamente” definido así mismo por su propietario, entre 10 a 20 piezas diarias según el tamaño y el modelo de la misma, por lo que este nivel de producción minimiza la posibilidad de generar piezas con la que se pudieran aplicar estrategias de comercialización para el taller.

4.1.3. Materias primas utilizada en el taller ALUMNOR C.A. para el proceso de fundición.

Tabla N° 4.1, Materia prima para la producción actual del taller de fundiciones
ALUMNOR C.A.

Materia prima	Características	Cantidad (para un día de trabajo)
Arena de moldeado natural	Esta arena tiene, presencia de grava y un alto contenido de arcilla, lo que le otorga un intenso color marrón rojizo. Ésta es extraída de una zona que se encuentra a 500 metros del taller.	500 kilogramos

Tabla N° 4.1, Materia prima para la producción actual del taller de fundiciones
ALUMNOR C.A. (Continuación).

Matéria prima	Características	Cantidad (para un día de trabajo)
Retal de aluminio	Los proveedores del retal de aluminio están ubicados en las cercanías del taller (Cariaco, Carúpano, Casanay, etc.). El retal está compuesto por chatarras, partes dañadas de motores y cajas automotrices, piezas y utensilios de aluminio que tienen consigo componentes de otros materiales como, hierro, cobre, latón, entre otros.	250 kilogramos
Gasoil	El taller adquiere este combustible en las estaciones de servicio cercanas al taller una cantidad aproximada para la producción semanal del mismo.	18 litros

La figura 4.2 muestra la arena natural usada actualmente en el taller ALUMNOR C.A.



Figura N° 4.2. Arena usada actualmente en el taller ALUMNOR C.A.

Luego del proceso de fundición del retal de aluminio, se genera una gran cantidad de escoria y material innecesario en la superficie del metal fundido y en el fondo del horno, éstos deben ser extraídos y separados del aluminio fundido, causando grandes tiempos de demoras en el proceso de la fabricación de piezas, así como pérdidas de calor en el metal, lo que incide negativamente en la economía del proceso.

4.1.4 Maquinaria y equipos operativos en el proceso de producción del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.

A continuación, se muestran tabulados las maquinarias y equipos utilizados actualmente en el taller ALUMNOR C.A.

Tabla 4.2: Maquinaria y equipo usados actualmente en el taller de fundiciones ALUMNOR CA.

Equipos	Descripción	Can tidad
Horno de fundición	Fabricado artesanalmente, con un tambor metálico de 200 litros, cortado a la mitad y recubierto en su interior por un material refractario, con un sistema de quemado a diesel, tiene una capacidad máxima de fundición 200 kilogramos de aluminio.	1
Dinamómetro (Peso)	Capacidad de 500 kg, apreciación de 10 kg, con asa y gancho metálico.	1

Cuchara de colado	Fabricado artesanalmente. Consta de un mango metálico de 1,5 m de largo y una tapa (de compresor de nevera) soldada al extremo con perforaciones en el fondo.	2
Cuchara de vaciado	Fabricado artesanalmente. Consta de un mango metálico de 1,5 m de largo y una tapa (de motor de nevera) soldada al extremo.	1

Tabla 4.2: Maquinaria y equipo usados actualmente en el taller de fundiciones ALUMNOR CA. (Continuación)

Equipos	Descripción	Cantidad
Modelos	Modelos de aluminio con sus respectivas cajas de moldeo, para realizar moldes principalmente de utensilios de cocina. (Ollas, sartenes, cucharones).	25
Azadón	Azadón metálico con mango de madera de 1,5 m de largo.	3
Cernidor	Fabricado artesanalmente, con marco rectangular de madera y tela metálica para tamisar.	3
Pala	Recolector metálico con mango de madera de 1m y agarraderas de plástico.	1
Esmeril de banco	Tiene un motor eléctrico que impulsa las dos ruedas de manera simultánea. Estas ruedas	1

	del esmeril son granos de material abrasivo unidos a alta temperatura. El material abrasivo es carburo de silicio (para rebajar el aluminio).	
Transportador aéreo	Polea mecánica con capacidad de carga de 1000 kg, que se desliza en un riel de metal.	1

Los equipos existentes en el taller, en su mayoría, se encuentra en condiciones de desgaste avanzado, lo que atribuye un altísimo riesgo de accidentes laborales a causa de su uso. Dentro de los equipos se destacan algunos que pudieran generar accidentes graves, afectando la integridad física, no sólo los operarios, sino también a las áreas adyacentes del taller, tal es el caso del horno que se muestra en la figura 4.2, que debido a la falta de mantenimiento en los últimos años de uso se encuentra en condiciones deplorables (sufre desprendimiento de parte de los ladrillos refractarios, que muchas veces hacen salpicar el metal, pudiendo quemar a los operarios y desprende mucho humo a causa de la combustión contaminando así el aire tanto del taller como de las zonas adyacentes).

Aparte también es de alto riesgo, uno de los esmeriles, mayormente usado por el personal de trabajo en el área de acabado de la piezas, (esmeril de base anclada figura 4.3), pues este a pesar de tener un plan de mantenimiento que se realiza de 1 a 2 veces al año no cumple con las normas de seguridad mínimas para el uso de equipos en esta rama de la industria.



Figura N° 4.2 Horno usado en el taller ALUMNOR C.A



Figura N° 4.3 Esmeril usado en el taller ALUMNOR C.A.

En cuanto a las demás herramientas, de igual manera, no cumplen con los requerimientos mínimos de higiene y seguridad industrial que este taller debe ofrecer, las cuales ameritan no sólo de equipos, maquinarias y herramientas en condiciones idóneas, sino también un plan de seguridad que incluya las medidas de seguridad, es decir, como manuales actividades, equipos de protección que deben ser usados según la operación (bragas, zapatos, lentes cascos, etc.), el uso de señalización y avisos, etc.

4.1.5. Costos generales del taller

Dentro de los costos que debe cubrir el taller para su producción se encuentran los servicios reflejados de la tabla 4.3.

Tabla N° 4.3. Servicios básicos del taller de fundiciones ALUMNOR CA.

Fuente: propia (2008)

Servicios	unidades
Voltaje de suministro	110 Voltios
Consumo de agua	100 litros por día

La compañía de electricidad no presta sus servicios de manera confiable, pues según lo expresa el propietario, han registrado paradas de la producción de 15 días, por falta del suministro de electricidad, lo que ha generado pérdidas en el taller. De igual manera ocurre con el suministro de agua, con la salvedad que son muy pocas las veces que se detiene la producción a causa de la falta de este servicio, porque el taller cuenta con un estanque de agua capaz de surtirlo del preciado líquido.

4.1.6. Distribución y estructura física de taller ALUMNOR C.A.

El taller consta de una extensión de terreno usado, de 8 metros de largo por 5 metros ancho, en esta área se distribuyen todas las secciones de producción, lo que es sin lugar a duda es un factor limitante para el desarrollo de las actividades productivas del taller. En él se encuentra el área de: almacén de modelos, área de moldeado, fundición, tratamiento de reciclaje de arena y tratamiento de acabado de la pieza. Adicional a ello se encuentra un galpón de 25 metros cuadrados en el que está el área de materia prima y almacén de piezas terminadas, como se muestra la figura 4.4.

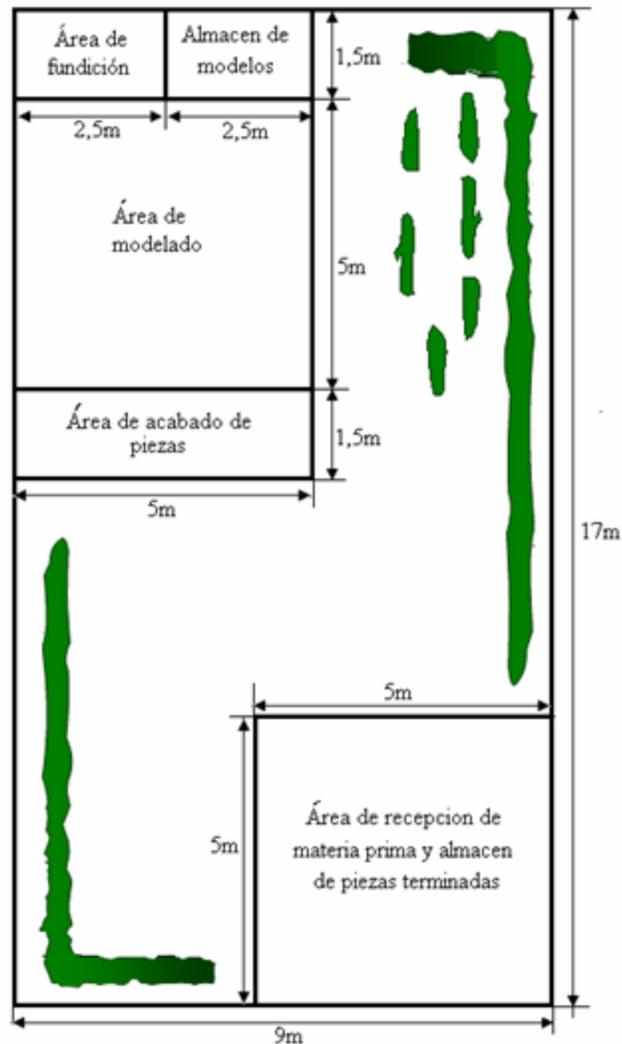


Figura 4.4. Distribución actual del taller de fundiciones ALUMNOR, C.A.

Fuente: propia (2008)

4.1.7. Condiciones de higiene y seguridad

Las actividades no se rigen por ningún plan de higiene y seguridad industrial, los trabajadores no usan equipos de seguridad apropiados para operar dentro del taller, sobre todo en las áreas de fundición, moldeo y acabado de las piezas siendo éstas las de mayor riesgo de accidentes laborales. No se usan bragas, botas ni guantes de seguridad, entre otros equipos que deberían formar parte de los implementos de

seguridad mínimo para laborar en estas instalaciones. Así como tampoco existen extintores ni mascarillas, como medidas de seguridad en caso de incendios, en cuanto al mantenimiento de las instalaciones se realizan muy esporádicamente de 15 días hasta un mes entre jornadas de limpiezas. En la figura 4.5, se puede observar como el operario del horno esta colando el aluminio, sin ningún tipo de equipos de seguridad, como guantes y botas.



Figura N° 4.5. Operario del horno, colando el aluminio fundido

Fuente: propia (2008)

4.1.8. Comercialización aplicada en el taller ALUMNOR C.A.

La comercialización se hace: productor-distribuidor, en la que las ventas se realizan a los abastos, que para el caso de este taller, son clientes revendedores de las piezas, y productor-consumidor que son las ventas realizadas directamente a los clientes o consumidores de los productos como: los hogares de la zona.

4.1.9. Estructura organizacional

Está representada en su primer nivel por el dueño, el cual dirige de manera directa todas las actividades administrativas, de producción y comercialización, en la que se manejan los pedidos, ventas directas a los consumidores, compras de materia

prima, insumos equipos, etc. En su segundo y último nivel se encuentran los operarios los cuales laboran en las áreas de moldeado, fundición, mecanizado y almacén de piezas terminadas.



Figura N° 4.6 Estructura organizacional del taller de fundiciones

ALUMNOR CA.

Fuente: propia (2008)

4.1.10. Recurso humano que labora actualmente en el taller de fundiciones ALUMNOR C.A.

Para llevar a cabo las actividades productivas del taller, los trabajadores se distribuyen en dos subdivisiones el proceso productivo, el área administrativa y el área de producción.

Área administrativa: existe sólo un empleado, el cual desarrolla las actividades de:

- Compras de insumo, materia prima, maquinarias, equipos.
- Recepción de materia prima.
- Comercialización, publicidad, mercadeo, etc.
- Ventas por pedidos y directas.

Área de producción: el taller cuenta con un personal poco capacitado en el área de fundiciones. En la actualidad sólo uno de los operarios posee conocimientos

básicos, pues sus labores en el taller se iniciaron desde el momento de la apertura del mismo en el año 1983, y desde ese momento, este empleado, con el apoyo del propietario, fue capacitado en esta área de producción, basándose en las visitas y observaciones realizadas a fabricas e instalaciones, en las que se realizaban piezas de fundiciones con métodos similares a éste en cuanto a la producción, por tanto el conocimiento del trabajador proviene netamente de su experiencia en este taller. Cabe destacar que esta actividad de capacitación se realizó hace ya 24 años y nunca más volvió a actualizarse ni a mejorarse el método de obtención de piezas por colada; con la única salvedad, que si el mercado es marcado por alguna tendencia en cuanto a nuevos utensilios de cocina o de piezas personalizadas por cliente, se puede innovar en cuanto a modelos de piezas, para así satisfacer la demanda de estos productos, todo ello gracias a la relativa flexibilidad del método de producción.

En este momento laboran aproximadamente de 1 a 3 personas en el taller, debido a la falta de personal capacitado que pueda ser contratado, por lo que en ocasiones un mismo operario realiza cuatro actividades en diferentes puestos de trabajo en las áreas de:

- Preparación de la arena
- Modelado
- Fundido
- Mecanizado

Cabe destacar que en ocasiones este mismo operario debe realizar, las actividades en las áreas de:

- Almacén
- Mantenimiento.

4.1.11. Proceso productivo del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.

Este proceso en el taller abarca una serie de operaciones. Primeramente se realiza la recepción de la materia prima, en la que se recibe a los proveedores de chatarra y retal de aluminio en el área del galpón, este material es pesado, cancelado y almacenado. Dicha actividad se realiza semanalmente o de acuerdo a las necesidades de producción del taller, por lo que podría reducirse o extenderse aun periodo de adquisición de materia prima desde dos veces por semana hasta una vez al mes.

En cuanto al proceso de fabricación de piezas, se tomó como referencia la pieza mostrada en la figura 4.7 denominada caldero 30 (caldero de 30 cm de diámetro y una profundidad de 15 cm), inicialmente se realiza el cernido de la arena simultáneamente a la fabricación de moldes, es necesario destacar que el método de trabajo para la fabricación de moldes sólo permite cernir el 50% de la arena a utilizar para un sólo molde, debido a que no existe un “tratamiento de arena” por lo que se hace necesario, repetir varias veces el proceso de cernido cada vez que se realice un molde. Esta actividad se efectúa en un tiempo aproximado de 5 minutos.



Figura N° 4.7. Caldero 30, fabricado en el taller ALUMNOR, C.A.

Luego de terminado el proceso de moldeado de todas las piezas que se han de producir en esa jornada de trabajo, se da inicio al proceso de fundición. Se procede a precalentar el horno de diesel por 10 minutos tal y como lo muestra la figura 4.8, paralelamente al precalentamiento del horno el operario se traslada hasta el área de

recepción de materia prima (a una distancia de 70 metros del área de fundición), y transporta la cantidad de material a fundir, luego coloca el material dentro del horno (previamente caliente) tal y como lo muestra 4.9, y espera que el aluminio esté totalmente fundido y listo para verter (sin tomar en cuenta alguna temperatura específica de vaciado), proceso que dura aproximadamente de 60 a 80 minutos.



Figura N° 4.8 Precalentamiento del horno usado en el taller ALUMNOR C.A.

Fuente: propia (2008)



Figura N° 4.9. Momento en el que se coloca la materia prima en el horno

Fuente: propia (2008)

Cuando el aluminio está totalmente fundido, el operario inicia un proceso repetitivo, en el que extrae del metal fundido los pedazos de hierro y latón que se desprenden de la materia prima al ser fundida, depositándose en el fondo del horno, (recuérdese que el retal de aluminio está formado principalmente por desechos de piezas que llevan consigo pedazos de hierro y latón), seguido de ello extrae el aluminio fundido, y vierte el mismo en los moldes, proceso que dura aproximadamente 4 minutos, seguidamente se espera que el metal solidifique (20 min). Cuando el metal ha solidificado, se procede a extraer la pieza y finalmente es trasladada al área de acabado como se muestra en la figura 4.10, donde la pieza permanece hasta el siguiente día, que es cuando se inicia su proceso de acabado.



Figura N° 4.10. Desmolde de la pieza (caldero número 60)

El proceso de terminado o acabado de la pieza lo inicia el operario con el corte de tragaderos y eliminación de la rebaba haciendo uso de una següeta, luego se esmerilada y pule, dando fin al proceso de acabado del producto, tal y como se muestra en la figura 4.11, donde el operario esta esmerilando un caldero, proceso que dura aproximadamente 15 minutos, cabe destacar que esta actividad es realizada simultaneamente a los procesos de moldeado y fundición del aluminio.



Figura N° 4.11. Esmerilado de un caldero número 30

Fuente: propia (2008)

La figura 4.12, muestra el diagrama de flujo de las actividades que se realizan actualmente en el taller ALUMNOR C.A.

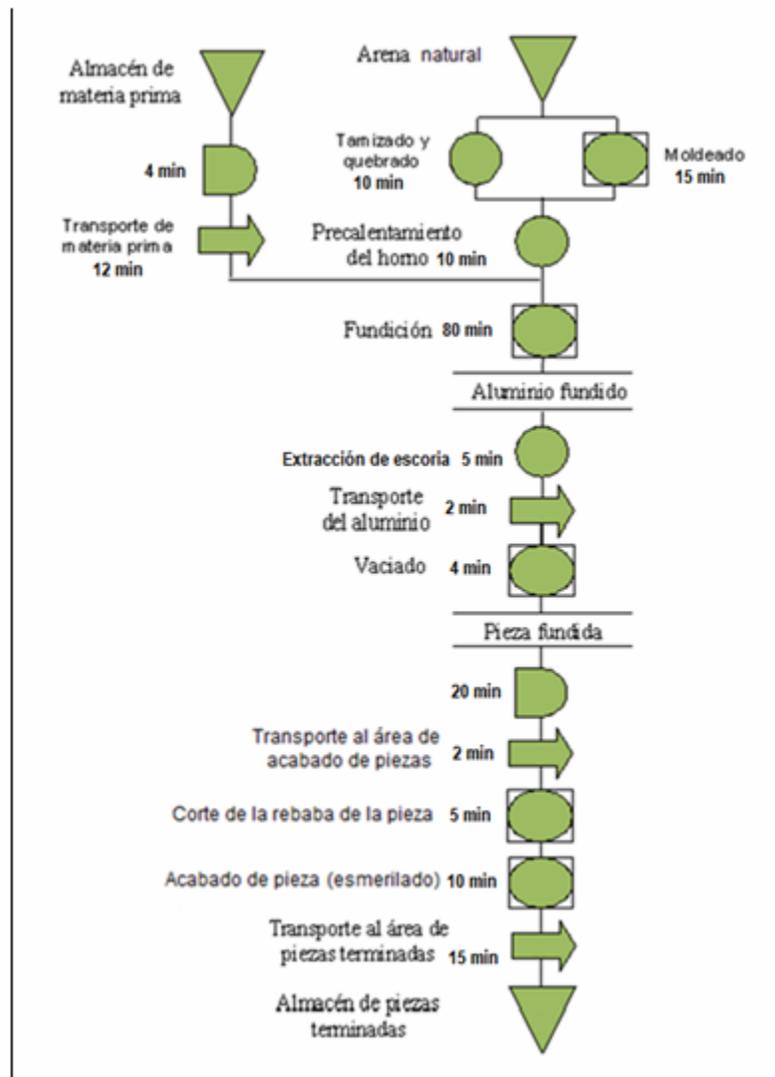


Figura N° 4.12. Diagrama de flujo de producción del proceso de fundición de la pieza caldero 30, en el taller de fundición ALUMNOR.

Tabla N° 4.4. Leyenda del diagrama del proceso de fabricación de piezas en el taller

ALUMNOR C.A.

Fuente: propia (2008)

SIMBOLOS	OPERACIÓN	CANTIDAD
	Procesos	3
	Operación / inspección	5
	Transporte	4
	Demora	2
	Almacenamiento	3

El tiempo ciclo del proceso de fabricación de piezas que lleva a cabo el taller de fundiciones ALUMNOR C.A., es de 3 horas con 14 minutos, tomando como referencia el caldero numero 30, siendo esta la pieza más vendida según el sistema de facturación del taller.

4.2. Estudio de mercado de ventas actuales del taller ALUMNOR C.A.

4.2.1. Resultados de la encuesta aplicada

Se identificó como consumidores potenciales a todas aquellas tiendas y abastos capaces de vender o distribuir utensilios de cocina fabricados por fundición de aluminio, en el estado Sucre.

Se obtuvo una muestra necesaria para aplicar las encuestas de 63 locales comerciales de ventas (tiendas y bodegas), donde se venden productos tanto al mayor como al detal, similares a los producidos por el taller en estudio.

Las encuestas realizadas, cuyo modelo se encuentra en el anexo A-2, indican que el 49,1% de los comercios encuestados, sólo tienen contacto de comercialización, con una empresa que suministra este tipo de piezas, lo cual refleja que el taller no

tiene un gran nivel de competencia, al cual deba enfrentarse. Como se ve reflejado en la tabla 4.5

Tabla N° 4.5. Cantidad de empresas ofertantes de utensilios de cocina en la zona.

Fuente: propia (2008)

Datos	Cantidad de compañías Distribuidoras de utensilios de aluminio		
	1	2	Más de 2
Respuestas	1	2	Más de 2
Total	26	15	12
Porcentaje (%)	49,1	28,3	22,6

Según el análisis a las respuestas dadas por los encuestados, en cuanto a las preguntas que hacían referencia a la cantidad de piezas suministradas por sus proveedores, frecuencia de suministro y tipo de empaque, o pedidos de utensilios de cocina, más usuales que les son suministrados, se pudo notar que el 50,9%, de los comercios a los cuales se les distribuyen utensilios de cocina, realizan sus pedidos en denominación “por docenas” de una misma pieza o diferentes modelos, pero siempre con tendencia de las compras al mayor, esto pues con el objeto de pagar a menor precio (esto último fue información adicional suministrada por parte de los encuestados).

La cantidad de piezas que el 45,2% de las comercios encuestados, respondieron que generalmente demandan y les son suministrada, un rango de 9 a 25 piezas, cuyo lote eventualmente está constituido por diferentes modelos de utensilio de cocina, como se muestra en la tabla 4.6.

Tabla N° 4.6. Demanda actual de utensilios de cocina y cantidad de piezas suministradas por compras.

Entrevista	Tipos de pedidos más usuales					Cantidad de piezas		
	In	3p	6p	10p	D	3 a 8	9 a 25	25 a 60
Respuestas								
Total	11	8	4	3	27	14	24	15
Porcentaje %	20,7	15,0	7,54	5,65	50,9	26,4	45,2	28,3

In: pedidos por piezas individuales

p: pedidos de piezas

D: pedidos por docenas de piezas

Las tiendas y abastos encuestadas, sólo conocen de 1 a 3 compañías distribuidoras de artículos de cocina fabricados en aluminio, y una de estas compañías es el taller ALUMNOR, así que juntamente con las repuestas de las encuestas y el sistema de facturación de la organización, se pudo identificar la frecuencia de compra mayormente usada por los clientes potenciales del taller, con lo que se analiza que el 58,2% realiza pedidos eventualmente, más sin embargo, un 31,9% de los clientes realizan sus compras mensualmente, resultado que es mostrado en la tabla 4.6, la cual muestra un panorama con miras a una pronta recuperación de la inversión, debido a que las ventas del taller se realizaran, según esta encuesta, en lapsos de tiempos no mayores a un mes, Lo que genera una constante movilidad del efectivo.

Tabla N°4.7. Frecuencia de compra por parte de los clientes y tiendas y abastos encuestados.

Entrevista	Con que frecuencia compra			
	Semanal	Quincenal	Mensual	Eventualmente
Respuestas				
Total	1	5	17	30

Porcentaje (%)	1,88	7,93	31,9	58,2

En el gráfico 4.1 se puede observar la preferencia en cuanto a la cantidad de piezas pedidas, por parte de los clientes. Según los resultados arrojados por la encuesta, el 50,9 % de los encuestados prefieren realizar los pedidos por docena, como modelo de compra, debido a que de esta manera, el kilogramo de aluminio neto es más económico.



Gráfica N° 4.1. Porcentaje de compras de utensilios de cocina por parte de las empresas encuestadas (clientes).

4.2.2. Comportamiento histórico de la demanda

Se pudo verificar que el taller ha venido realizando sus actividades de producción haciendo uso de tan sólo el 32 % de su capacidad de instalación, debido a que este puede ser capaz de producir anualmente 40.000 kilogramos de aluminio fundido, sin embargo históricamente en promedio de producción, sólo produce 13.000 kg de aluminio fundido al año en piezas y productos terminados, tal y como lo muestra la tabla 4.8.

Tabla N° 4.8. Comportamiento histórico estimado de la demanda del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.

Año	Ventas en Bs.F	Ventas kg.	Precio estimado del aluminio chatarra por kg en Bs.F	Precio Promedio del aluminio chatarra por kg en Bs.F
2004	73.600	16.000	2,70 - 3,20	2,95
2005	59.000	12.000	3,00 - 4,20	3,60
2006	62.100	14.000	3,50 - 5,60	4,55
2007	70.000	10.000	4,00 - 7,80	5,90
Promedio	66.175	13.000	-	4,25

4.2.3. Proyección de la demanda a satisfacer por parte del taller ALUMNOR C.A.

Para inferir el comportamiento futuro de la demanda se aplicó el Método de Regresión Lineal Múltiple, para la obtención de la ecuación de tendencia de la demanda de los utensilios de cocina de aluminio, considerando como variables de decisión el Producto Interno Bruto y La Tasa de Inflación, escogiendo a éste último de acuerdo al resultado del índice de correlación obtenido haciendo uso del programa Microsoft Excel. La tabla 4.9, muestra los índices obtenidos.

Tabla N° 4.9. Índice de correlación obtenidos. Fuente: propia (2008)

Variables	Índice de correlación
P.I.B.	0,42
Tasa de Inflación	0,86

En la proyección de la demanda se obtuvo la siguiente ecuación:

$$Y=18.008,305 + 1222,14X - 400,20Z \quad (\text{Ec. 4.1.})$$

Los cálculos asociados a la ecuación 4.1, se muestran en el apéndice A-4.

La tabla 4.10 muestra los resultados obtenidos en proyección de la demanda en función de las ventas realizadas por los comerciantes en el área de producción. Para proyectar la demanda, se tomo en consideración la ecuación 4.1 y la tasa de inflación proyectada según el Banco Central de Venezuela en los futuros años.

Tabla N°4.10. Proyección de la demanda en función de las ventas realizadas por los comerciantes. Fuente: propia (2008)

Año	Tasa de inflación	Demanda Proyectada (Kg./Años)
2008	16,5	17.515,705
2009	16,8	18.617,785
2010	16,6	19.919,965
2011	17,2	20.901,985

4.2.4. Análisis de los precios de las piezas fabricadas en el taller.

La tabla 4.11 muestra la variación de precio del kilogramo de aluminio, según la cantidad de piezas adquiridas por el comprador.

Tabla N° 4.11. Precios de aluminio, según la cantidad de piezas que son adquiridas por el comprador.

Fuente: propia (2008)

Respuestas	3 a 8	9 a 25	25 a 60	14 a 16	16 a 18	>18	12 a 14	14 a 16	>16
Total	24	14	15	7	15	2	5	20	4
Porcentaje	45,2	26,4	28,3	13,2	28,3	3,77	9,43	37,7	7,5

Como resultados de las encuestas se identificó que el 45,2% de los abastos que adquieren piezas obtenidas por coladas, adquieren de tres a ocho (3 a 8) piezas por pedidos ya sea con modalidad de compras individual o por juegos de tres o seis piezas.

Debido a que el valor de las piezas o calderos está relacionado con su peso neto, en cuanto a los precios, el resultado arrojó que el 37,7% de los encuestados respondieron que cancelan de 14 a 16 Bolívares Fuertes por aproximadamente cada kilogramo de piezas de aluminio siempre y cuando su modalidad de compra sea al mayor, es decir más de seis piezas pudiendo o no, ser del mismo modelo.

El 28,3% de los encuestados estuvieron de acuerdo que el precio del kilogramo de aluminio al detal que cancelan va de 16 a 18 Bolívares fuertes.

4.2.5. Proyección de los precios de las piezas de aluminio fabricadas en el taller ALUMNOR C.A.

Para la proyección de los precios se tomaron como bases las estimaciones de la tasa de inflación pronosticada para los próximos 5 años, estos precios podrían ser afectados por las políticas y medidas económicas adoptadas por el gobierno nacional en los próximos 5 años. Los cálculos relacionados se muestran A-5.

En la proyección de la demanda se obtuvo la siguiente ecuación:

$$Y=10,88 + 0,89X - 0,008Z \quad (\text{Ec. 4.2.})$$

Tabla N° 4.11. Proyección de los precios. Fuente: propia (2008)

Año	Inflación (%)	Precios del Kg de aluminio como pieza terminada (Bs.F)
2008	16,5	15,462
2009	16,8	16,35
2010	16,6	17,24
2011	17,2	18,13

Es necesario destacar que en el estudio de mercado realizado se hizo en función solo del número de la población comercial del estado Sucre y no a nivel regional como lo plantea el objetivo, esto por falta de recurso económico que cubriera el traslado hasta las instituciones que suministran los datos necesarios; así como tampoco se realizó en el mismo, un análisis de oferta y demanda insatisfecha, por lo que los resultados presentados son estimados y no exactos al estar dicho estudio incompleto.

4.3. Diseño de la estructura organizativa necesaria para la producción eficiente del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.

A continuación se muestra el diseño propuesto para la organización del trabajo, dentro del taller de fundiciones, en función de las actividades a desarrollar, y basando la estructura organizativa en un diseño jerárquico, el cual plantea una estructura funcional acoplada, buscando la descentralización y dualidad de mando, en el que se aumente la capacidad de procesamiento de información adecuando los cargos a las actividades realizadas dentro del taller, generando un ambiente ideal para un mercado cambiante y una tecnología variable. Esta estructura está basada en la teoría de la industrialización neoclásica, proyectando este esquema a las necesidades que

presentan las organizaciones actuales, como lo es: agilidad, movilidad, innovación y cambios dentro de su estructura organizativa, para enfrentar las nuevas amenazas y oportunidades, es decir, preparando a la organización para la era de la información.

Según la demanda estimada es necesario la ampliación y mejora de las instalaciones, lo que genera un aumento de un 500% en la producción del taller, teniendo en cuenta que actualmente se procesan 1250 kg de aluminio y se estima según la propuesta de producción que se procesen 6250 Kg, lo cual generará los ingresos necesarios para cubrir los gastos salariales que se proponen en este diseño de estructura organizativa.

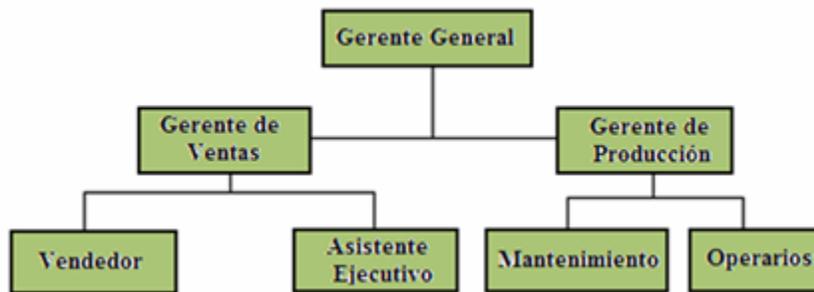


Figura N° 4.13, Propuesta de la estructura organizativa del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.

Fuente: propia (2008)

4.3.1. Descripción de las funciones de cada trabajador incluido en la estructura organizativa propuesta para el taller de fundiciones ALUMNOR C.A.

1. Gerente General:

➤ Realizar evaluaciones periódicas acerca del cumplimiento de las funciones de los diferentes departamentos.

- Planear y desarrollar metas a corto y largo plazo junto con objetivos anuales y entregar las proyecciones de dichas metas para la aprobación a los gerentes de producción.
- Coordinar con el gerente de administración para asegurar que los registros y sus análisis se están llevando correctamente.
- Crear y mantener buenas relaciones con los clientes y proveedores para mantener el buen funcionamiento de la empresa.

2. Gerente de Ventas:

- Debe gerenciar y velar por el cumplimiento de las metas de la organización tomando en cuenta que se desarrollen las actividades de compras de insumos, materiales, herramientas, cancelación de nominas a los trabajadores, verificación de los registros de pedidos y entrega de los mismos al área de producción.
- Gestionar y verificar la entrega de piezas a los clientes, en el tiempo acordado según especifique el registro de pedido realizado previamente por el cliente.

3. Vendedor y chofer:

- Encargado del traslado y la entrega de los pedidos a los clientes, verificando según el registro de pedido, de tal manera que el cliente esté satisfecho con su compra. Si el cliente lo amerita, el chofer debe ser capaz de llenar el formato de un registro de pedido en el que el cliente especifique las cantidades, modelos, modo y fecha de cancelación, fecha de entrega, entre otros datos necesarios para que este servicio de entrega de productos pueda desarrollarse de manera eficiente. Los datos referidos se encuentran en el anexo A-1.
- Debe realizar la compra y traslado de materiales e insumos necesarios para la producción y mantenimiento del taller.

4. Asistente ejecutivo:

- Debe tramitar la documentación de registros de compras, ventas, cancelación de nóminas, gestión de sistemas de compras y cancelación a los proveedores, entre otros.
- Crear y desarrollar actividades de comercialización que incluyan recepción y asistencia de clientes en las instalaciones del taller, de tal manera que éste pueda conocer las características de los productos, el proceso de fabricación y los sistemas de ventas que ofrece la organización.

5. Gerente de producción:

- Planifica la manera como deben asignarse los recursos, decidiendo cuales personas deben ser ubicada en los distintos trabajos dentro del taller.
- Debe planificar el uso de elementos y accesorios que faciliten las actividades de producción/operaciones, tales como información sobre herramientas, equipos para mover materiales, guías, registros de pedidos los cuales se incluyen en los planes de producción del taller.

6. Mantenimiento:

- Se encarga de la limpieza y mantenimiento de las instalaciones del taller, verificando que los materiales, herramientas y equipos se encuentren en las condiciones y localizados en los lugares establecidos, evitando con ello accidentes laborales en el taller.
- Debe velar por, el cumplimiento de las normas de higiene y seguridad dentro del taller, indicando, en caso de ser necesario, a los trabajadores donde deben ser ubicados los equipos y herramientas; así también debe vigilar por el cumplimiento de los planes de mantenimiento de las maquinarias equipos y herramientas.
- Restituir las funciones de las maquinarias luego de presentarse alguna falla.

7. Operarios:

- Operarios de moldeado y fundición: Se encargan de desarrollar las actividades del proceso de fabricación de moldes de piezas y fundición del aluminio (preparación de la arena, vaciado y desmoldeo).
- Operarios del área de mecanizado: Desempeña su labor en el área de obtención de piezas, encargado del proceso de mecanizado de la pieza, que incluye corte de los tragaderos, eliminación las rebabas, el esmerilado y pulido.

4.3.2. Mano de obra requerida, según la propuesta de diseño del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.

Según la estructura organizacional que se propone en la figura 4.13, y establecidos las responsabilidades según los cargos propuestos; se presenta la tabla 4.12, en la que reflejan la cantidad de trabajadores, según los cargos para el desarrollo de las actividades productivas en el taller de fundiciones ALUMNOR C.A.

Tabla N° 4.12. Mano de obra mínima necesaria del taller ALUMNOR C.A.

Fuente: propia (2008)

Cargo	Cantidad
Gerente, administrados y Supervisor de Proceso	1
Asistente ejecutivo	1
Operador	4
Vigilante	1
Mantenimiento	1
Vendedor	1
Total	9

4.4. Propuesta del proceso de fabricación de utensilios de cocina, que se debe llevar a cabo en el taller de fundiciones ALUMNOR C.A.

A continuación se plantea a través de un diagrama de proceso (figura 4.14), la propuesta de diseño para la fabricación de piezas del taller de fundiciones ALUMNOR C.A., tomando como base las actividades mínimas necesarias en un taller de fundiciones, planteadas y ejemplificadas por Howard F. Taylor y Merton C. Flemings en su trabajo bibliográfico “Fundiciones para Ingenieros”.

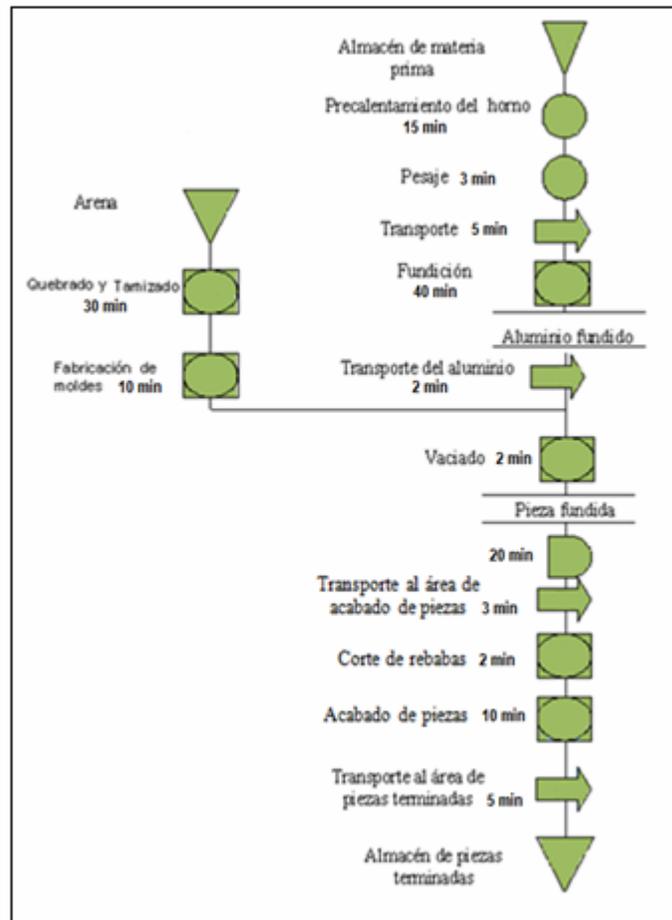


Figura N° 4.14. Diagrama del proceso para la fabricación de piezas en el taller ALUMNOR C.A

Tabla N° 4.13. Leyenda del diagrama del proceso de fabricación de piezas en el taller ALUMNOR C.A.

Fuente: propia (2008).

SIMBOLOS	OPERACIÓN	CANTIDAD
	Procesos	2
	Operación / inspección	6
	Transporte	4
	Demora	1
	Almacenamiento	3

El tiempo ciclo del proceso de fabricación de piezas que se propone para el taller de fundiciones ALUMNOR C.A., es de 1 horas con 55 minutos, tomando como referencia el caldero número 30. En este tiempo ciclo no se incluye el tiempo de quebrado y tamizado de la arena, debido a que este proceso se realiza una sola vez acondicionando la arena a utilizar, para la fabricación de todos los moldes.

4.4.1. Descripción de las actividades del proceso de fabricación de piezas en el taller ALUMNOR C.A., según el diagrama de proceso planteado en la figura 4.14.

Almacenamiento de materia prima: Debe realizarse el proceso de selección y almacenamiento del aluminio suministrado por el proveedor, colocando el material según el tamaño, en el caso de los pedazos de chatarras de mayor tamaño que el diámetro del horno (70 centímetros de diámetro), estos se deben cortar, de tal manera que sean divididas en pedazos menores a 40 centímetros. Se debe dejar espacio entre

una pila o montón de chatarra y otra, para facilitar la accesibilidad y manejo de la misma en el almacén.

Pre calentamiento del horno: Se procede al encendido del horno, para esperar su calentamiento por un periodo de tiempo de 15 minutos, luego se introduce el aluminio a fundir dentro del horno.

Pesaje: En función de los registros de pedido (formato mostrado en el *anexo A*), el operario debe pesar la cantidad de aluminio aproximada, con un rango de 10 a 15 kilogramos por encima del peso necesario para la producción, ésto pues, tomando en cuenta que la chatarra a fundir posee material que no es aluminio (hierro, latón, entre otros); la cantidad de aluminio pesada, no debe exceder los 300 kilogramos, debido a que la capacidad máxima del crisol es de 400 kilogramos y se debe tomar en cuenta que por la geometría de los pedazos de aluminio no se ocupara en un cien por ciento el volumen del crisol.

Transporte de materia prima: Luego de pesado el material a utilizar, éste debe ser trasladado al área de fundición, para ello se coloca sobre una carretilla y trasladado a 10 metros hasta el horno de fundición, el cual se ha precalentado con anterioridad.

Fundición del aluminio: seguidamente de ser transportada la materia prima hasta el área de fundición, la misma es introducida en el horno, este proceso de fundido del metal dura aproximadamente 60 minutos.

Quebrado y tamizado de la arena: se debe acondicionar la arena antes de la fabricación de los moldes, debido a que la arena usada puede contener rebabas, escamas y trozos de metal procedentes de anteriores fundiciones; para este proceso de acondicionamiento se seleccionaron una serie de equipos como: la criba manual, una desterronadora y una amasadora (estos equipos se describen de mejor manera en el apartado 4.7 de este capítulo), los cuales permiten tratar grandes cantidades de arena en menor tiempo.

Fabricación de moldes: una vez acondicionada la arena, se deben fabricar los moldes manualmente; el moldeador debe tener a la mano una orden escrita o una hoja

de trabajo, con la indicación del número de piezas, marca y número del modelo a fabricar. Los moldes se deben fabricar simultáneamente a la fundición del metal. La cantidad de moldes a realizar va en función de los registros de pedidos y los planes de producción que se hayan establecido para ese día.

Transporte del aluminio fundido: Posteriormente al estar fundido el aluminio, es vertido en los dispositivos de vaciado (cuchara), para trasladarlo a los moldes. La trayectoria desde el horno hasta los moldes dura de uno a dos minutos.

Vaciado: Se retiran las tapas de los tragaderos (bebederos) para ser vertido el aluminio en el molde, el dispositivo de vaciado debe colocarse a una distancia de 15 centímetros del tragadero, el tiempo de vaciado varía de acuerdo al tamaño de la pieza, con un rango de 1 a 2 minutos.

Desmoldeo de la pieza: Luego transcurrido el tiempo de solidificación de la pieza, ésta es extraída del molde, éste proceso dura entre 35 y 80 segundos por pieza.

Transporte al área de tratamiento de superficie: Se colocan las piezas en la carretilla y son trasladadas hasta el área de mecanizado, para realizar corte del tragadero, esmerilado, lijado y finalmente pulido.

Transporte al almacén: Las piezas terminadas son trasladadas al área de almacén, en las que se clasificaran en orden de tamaño según establezcan los registros de pedidos, seguidamente se les asignara a cada fila o montón de piezas terminadas sus respectivas hojas de entrega, este documento será realizado previamente y según los registros de pedidos utilizados para ese lote de producción.

4.4.2. Requerimiento de seguridad para los trabajadores en el proceso de fabricación de piezas por colada, del taller de fundiciones ALUMNOR C.A.

En las fundiciones existen muchos peligros: El ambiente a altas temperaturas y el potencial de quemaduras o incendios alrededor del horno y el crisol; de los metales fundidos se desprenden gases; los dispositivos de corte, y el esmerilado generan polvo metálico y virutas; la grúa aérea, la trituradora y prensa presentan peligros de

atrapar o aplastar partes del cuerpo; todas las actividades combinadas producen un ambiente ruidoso; por lo que los trabajadores necesitan buenas prácticas de trabajo, ventilación eficiente y equipos de protección personal para crear un ambiente laboral seguro. Los equipos de protección personal resguardarán al trabajador contra el ambiente de la fundición. Por lo que se les debe exigir a los empleados, que al realizar actividades en el área de fabricación de piezas (fabricación de moldes, colada, mecanizado, traslado de materiales, equipos, maquinarias, insumos), usen botas de seguridad, guantes y anteojos con resguardos laterales, cascos de seguridad que le protegerán contra salpicaduras y equipos de protección para los oídos en ambientes ruidosos.

Los hornos, crisoles y metales fundidos se encuentran entre 700 y 900 grados centígrados, por lo que se requiere supervisar que los trabajadores realicen sus actividades muy cuidadosamente, por ello no se les permitirá operar equipos o en procesos en los que no hayan trabajado antes o posean poco conocimiento sobre su manipulación sin la supervisión, ayuda o adiestramiento del personal que se encuentre capacitado en las instalaciones para llevar a cabo estas actividades. Es necesario concientizar a los trabajadores la importancia del uso de todos los equipos, así como inspeccionar que estos equipos funcionen debidamente. Por ello se deben verificar con frecuencia para detectar indicios de desgaste en los equipos y maquinarias en el taller.

Se deben colocar carteles en áreas visibles, en los que se identifiquen no sólo las áreas de trabajo si no también los equipos de seguridad imprescindibles para realizar alguna actividad en las misma, o las actividades prohibidas en dichas áreas. Deben estar ubicados estratégicamente, extinguidores Clase D (Extintores usados para incendios en los que están implicados ciertos metales combustibles como magnesio, titanio, circonio, sodio, potasio, etc., que requieren un medio extintor absorbente térmico no reactivo con los metales en combustión.), junto con una pala y arena limpia y seca para combatir incendios.

De los metales fundidos se desprenden gases que pueden ser peligrosos si se respiran, sobre todo al fundir chatarra las cuales pudieran generar gases provenientes de pinturas, lubricantes, recubrimientos o aditivos de plomo, níquel o cromo que son peligrosos si se respiran, es por ello la necesidad de una buena ventilación por medio instalaciones sencillas basadas en rejillas y cercados metálicos, aunado a ello el uso de equipos de respiración aprobados médicamente para estas actividades, cabe destacar que será obligatoria la realización de capacitación del personal en lo que se refiere a la utilización de estos equipos.

La arena de los moldes contiene sílice, por lo que los empleados quedan expuestos a sílice cristalina, la cual puede causar silicosis, una enfermedad de los pulmones, o cáncer del pulmón. Por consiguiente la ventilación y medidas de control del polvo, son de vital importancia, debido a que empacar los moldes, sacudirlos o limpiar las piezas fundidas también puede ser una fuente de sílice cristalina, por lo tanto se deben usar equipos de respiración y trabajar en un área con buena ventilación.

4.5. Diseño del horno de crisol, a gas natural y basculante.

Se selecciono un horno basculante de crisol con sistema de quemado a gas natural, por su fácil manejo y sus bajos costos en cuanto a construcción y mantenimiento respecta. El diseño de este horno se llevó a cabo partiendo de la capacidad de producción e instalación para la que fue diseñado el taller. Para cubrir la demanda de producción planteada se amerita fundir diariamente un aproximado de 400 kg de retal de aluminio, en base a esto fue diseñado el horno; lo que aumenta el 500% de la producción del taller, tomando en cuenta que actualmente solo se procesa 70kg de aluminio diariamente. El diseño se dividió en dos partes fundamentales, el diseño termodinámico y el estructural.

4.5.1. Diseño termodinámico del horno.

4.5.1.1 Crisol escogido

Serie Basin 20000, Modelo 20890, para 408 Kg de aluminio.

Material: Carburo de silicio ligado. (*Catálogo mostrado en el anexo C-1*)

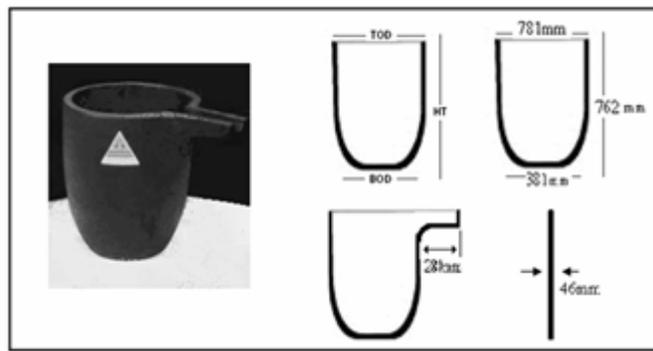


Figura N° 4.15 Crisol seleccionado (serie basin 20000)

Fuente: Catalogo de Crisoles Starbide.

Debido a que el horno es diseñado para fundir aluminio y sus aleaciones, se escoge un crisol de carburo, para así evitar el enriquecimiento en hierro del metal fundido en caso de usar otro tipo de crisol (crisoles de hierro). Estos tipos de crisoles de carburo, aunque resulten más frágiles que los de hierro fundido, ayudan a obtener una fundición más limpia. La selección del material del crisol se hizo partiendo tanto del material a fundir, como de la capacidad volumétrica, esta última porque no se consiguen fácilmente en el mercado crisoles con grandes capacidades volumétricas de diferentes materiales, por lo que la selección entre varios materiales estuvo limitada.

4.5.1.2. Selección del acero para el envoltente, lámina de fondo y tapa del horno.

Se escogieron, láminas de acero AISI 1020, usando un espesor de 3 mm para el diseño de la tapa y uno de 9,5 mm para el envolvente y fondo del horno. El espesor mayor fue seleccionado teniendo en cuenta las cargas de torsión (en el envolvente) y flexión (en la lámina de fondo) a las que se encontrarán sometidas las láminas; la tapa tiene un menor espesor porque no se encontrará sometida a ninguna carga que pueda producir alguna deformación de su estructura. El acero seleccionado es usado principalmente para la construcción de maquinaria que en general estén expuestas a exigencias medianas.

Partiendo de las dimensiones del crisol seleccionado, y las láminas de acero, se escogieron las dimensiones para el tamaño final del horno, usando como guía la tabla B.1 en el anexo B, de medidas sugeridas para hornos Basculantes, del libro “Hornos industriales” de José María de la Poza. Obteniendo como resultado el diseño mostrado en la figura N° 4.16.

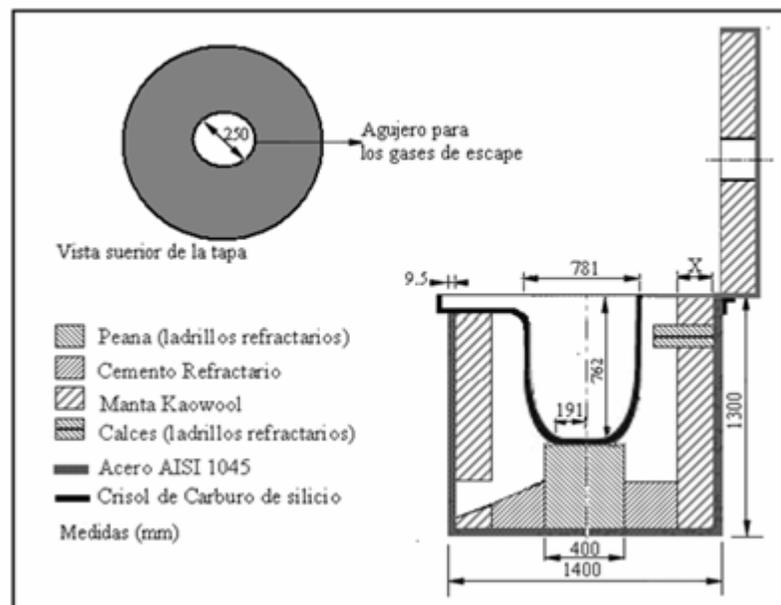


Figura N° 4.16. Dimensiones seleccionadas para el horno.

Fuente: propia (2008)

Una vez seleccionado el tamaño y espesor tanto del crisol como de las láminas, se procedió a diseñar la cámara de combustión del horno.

4.5.1.3. Calor necesario para la función del aluminio

Los resultados expuestos en la tabla 4.14, muestran la cantidad de calor necesario para fundir la máxima cantidad de aluminio que admite el crisol según los rangos establecidos por el fabricante, en un tiempo de colada de 40 min, y usando gas natural como combustible. La cantidad de calor por kilogramo de aluminio que se aplica para la fundición, usando gas natural, se pudo calcular porque se conoce el poder calorífico de dicho gas. Los cálculos relacionados con estos resultados se muestran en el anexo B-1.

Tabla N° 4.14. Cantidad de calor necesario en la fundición del aluminio.

Fuente: propia (2008).

Calor necesario para la fundir 1kg de aluminio en 40 min.	Calor necesario para fundir 408 kg de aluminio en 60 min (capacidad especificada del crisol, por los fabricantes)	Cantidad de calor por kilogramo de aluminio que se aplica en 40min de fundición, usando gas natural.
344,47 W	140.544,01 W	11,65 W

4.5.1.4. Diseño de la cámara de combustión

Los resultados mostrados en la tabla 4.15, reflejan el espesor de 12 cm obtenido para la manta kaowol, a una temperatura exterior del horno de 50° C. Esta

temperatura de diseño seleccionada (50°), está basada en las Normas ISO 14738:2002, (Ergonomía de ambientes térmicos, para temperaturas en la superficie accesible para maquinarias calientes) e ISO 13202:2001 (basada en los requisitos antropométricos de seguridad para el trabajo con maquinaria a altas temperaturas). Los cálculos referidos a ésta selección se encuentran reflejados en el anexo B-1.

Tabla N° 4.15 Espesor de la manta kaowool requerida, respecto a la temperatura exterior del horno.

Temperatura exterior del horno (°C)	Espesor del aislante kaowool requerido (cm)
50	12

4.5.1.5. Selección del quemador

Una vez obtenida la cantidad necesaria de calor para fundir el aluminio, la cantidad de calor suministrado por el gas natural en el tiempo estimado, y el diámetro del horno; se seleccionó el tipo de quemador que se adapta a estas condiciones. Se seleccionó un quemador de premezcla (comercial), como el mostrado en la figura 4.17, para gas y aire a baja o alta presión, este quemador es usado en lugares donde se requiera una llama clara, dura y de alto poder calorífico. El quemador fue seleccionado del catálogo EQA (Quemadores de premezcla 76, modelo de 4”), dicho catálogo se muestra en el anexo C-3.

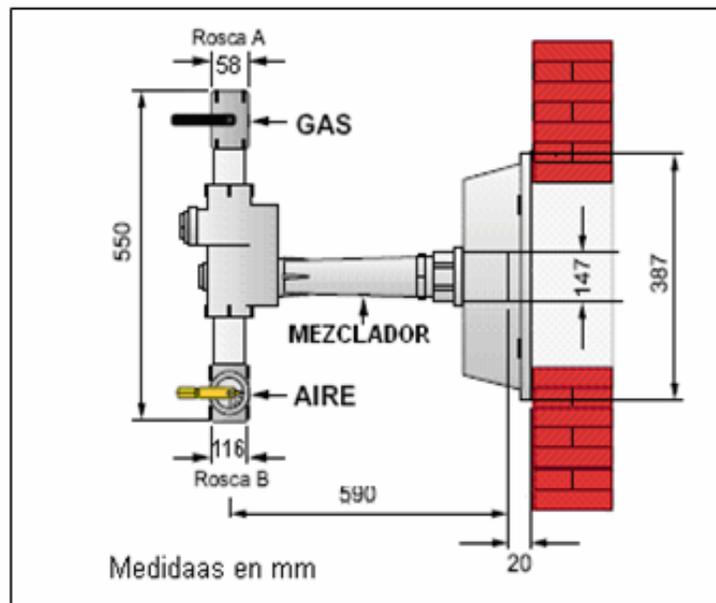


Figura N° 4.17. Dimensiones del quemador de seleccionado.

Fuente: propia (2008)

4.5.1.5. Peso del horno sin el sistema basculante y ubicación del centro de masa del diseño.

El peso del horno sin el sistema basculante, se calculo mediante el uso del software de diseño SolidWorks Profesional, también se pudo ubicar el centro de masa del diseño realizado, los resultados arrojados por este software se muestran en las figuras 4.18 y 4.19, en las que se puede observar las coordenadas del centroide, como también se puede apreciar la masa de 1149,09 kg correspondiente al diseño.

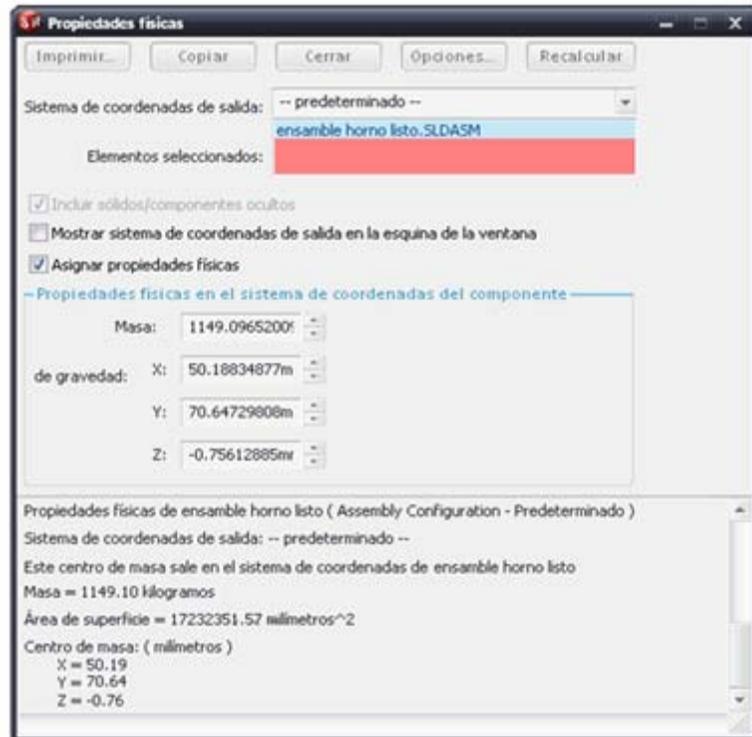


Figura N° 4.18. Resultado arrojados por el software. Fuente: propia (2008)

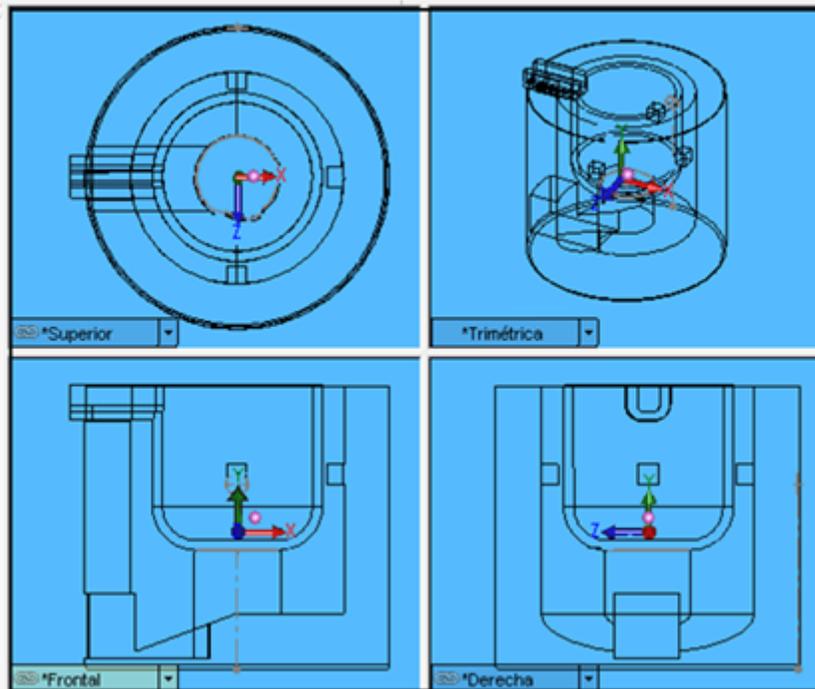


Figura N° 4.19. Representación gráfica del centroide en varios planos.

Fuente: propia (2008)

La masa del horno se aproximara a 1.200 kg, para el diseño de los soportes y el sistema basculante. Las figuras 4.20, 4.21, 4.22 y 4.23 muestran el ensamble de los elementos que forman parte del sistema termodinámico del horno, señalando cada una de sus partes y las dimensiones obtenidas en el diseño.

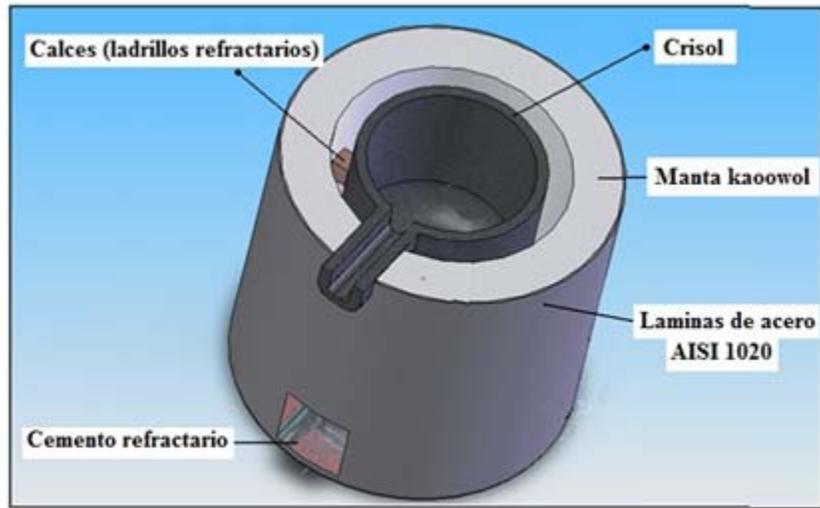


Figura N°4.20. Ensamble del horno diseñado. Fuente: propia (2008)

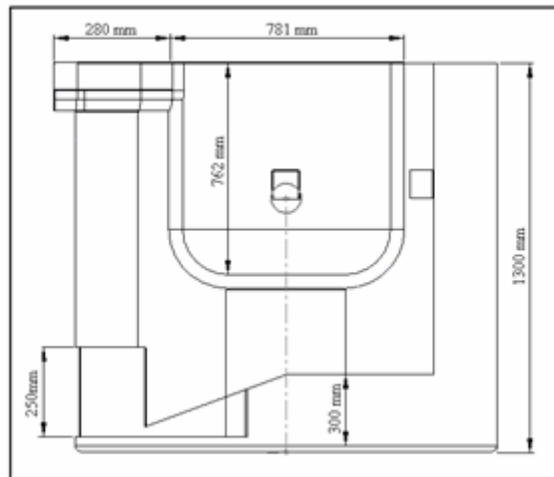


Figura N° 4.21. Vista de derecha del ensamble del Horno.

Fuente: propia (2008)

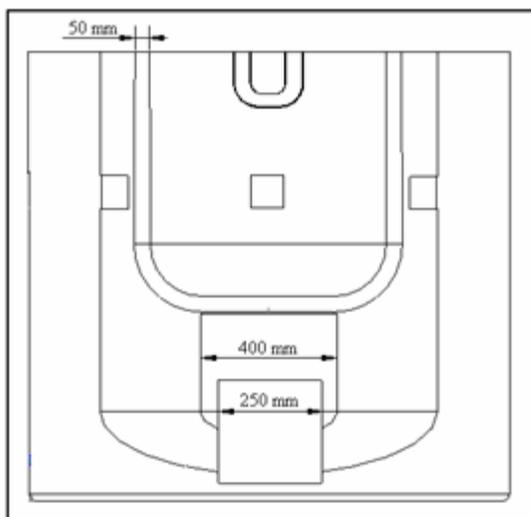


Figura N° 4.22. Vista frontal del ensamble del Horno. Fuente: propia (2008)

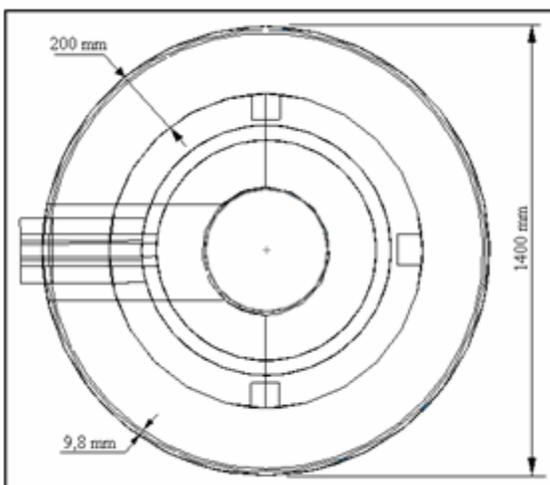


Figura N° 4.23. Vista superior del ensamble del Horno. Fuente: propia (2008)

4.5.2 Diseño del sistema estructural y basculante del horno

Para realizar el diseño de los engranes, se necesitó conocer: el torque máximo producido por el horno a una distancia de pivoteo de 10 cm por encima de su centro de gravedad, como se muestra en la figura 4.24; y el torque máximo producido por

una persona de 70 Kg (operario del horno), usando un volante de 70 cm de diámetro. Al torque máximo del horno calculado se le sumo un 10% de su resultado como condición de sobre diseño, debido a la futura aparición de óxido y desgaste que se puede presentar en los engranajes.

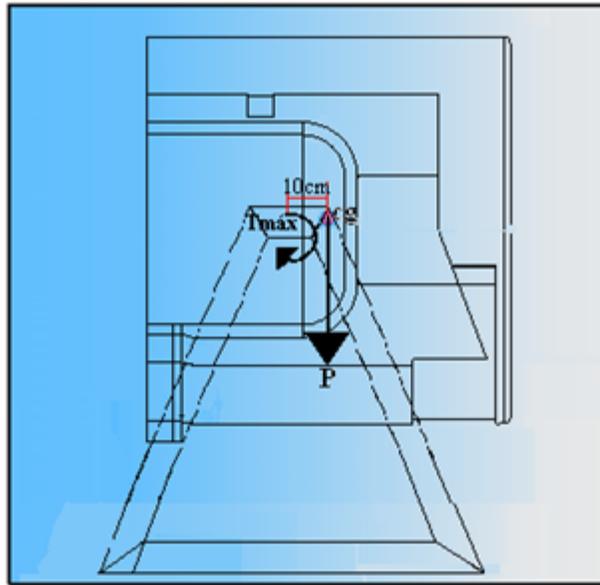


Figura N° 4.24 Ubicación del torque producido por el horno, a una distancia de 10 cm por encima del centro de gravedad. Fuente: propia (2008)

4.5.2.1 Diseño de engranes

El método que se emplea en el diseño y análisis de los engranajes rectos seleccionados, se basa principalmente en la norma AGMA 2001-C95. Los resultados mostrados en las tablas 4.17, 4.18 y 4.19, reflejan la nomenclatura y propiedades geométricas de los engranajes diseñados, así como, las fuerzas que actúan sobre los dientes de los mismos. Los cálculos relacionados a estos resultados se muestran en el anexo B-2.

Tabla N° 4.17. Dimensiones de las propiedades de los engranes diseñados.

Propiedades	Rueda dentada	Piñón
Diámetro exterior (<i>mm</i>)	500	100
Número de diente	100	20
Módulo métrico	5	5
Espesor del diente (<i>mm</i>)	8	8
Ancho de la cara (<i>mm</i>)	60	60
Holgura (<i>mm</i>)	1,25	1,25
Haden dum (<i>mm</i>)	5	5
Dedendum (<i>mm</i>)	6,25	6,25

Tabla N° 4.18. Fuerzas y momentos torsores que actúan sobre los engranes.

Fuerzas y momentos que actúan en los dientes de los engranes	Rueda dentada	Piñón
Torque (<i>N/m</i>)	1.294,92	259,503
Carga transmitida (<i>N</i>)	5.190,06	5.190,06
Carga radial (<i>N</i>)	1.889,02	1.889,02
Carga normal (<i>N</i>)	5.523,14	5.523,14

Tabla N° 4.19. Factores para el análisis de diseño en los engranes.

Factores de fuerza, en el análisis de diseño	Rueda dentada	Piñón
Factor de sobrecarga, K_o	1,25	1,25
Factor de tamaño, K_s	1	1
Factor de espesor de orilla, K_B	1	1
Factor de distribución de carga, K_m	1,54	1,54
Factor dinámico K_v	1,03	1,03

Factor de geometría, J	0,43	0,335
Factor de geometría para la resistencia a la picadura, I	0,112	0,112
Número de calidad	5	5
Número de esfuerzo flexionante (<i>MPa</i>)	80,28	103,05
Número de esfuerzo de contactó (<i>MPa</i>)	335,84	749,84

Es obvio que en este diseño gobierna el esfuerzo por contacto, se selecciono una vida de diseño de 8.000 h, y se considera una confiabilidad de 0,99 donde $K_R=1.00$ (una falla en 100)

Según los resultados obtenidos para el diseño de los engranes, mostrados en la tabla N° 4.19 se hizo la selección para la fabricación de los mismos de acero AISI 1050 OQT 400, el cual cuenta con una dureza natural de 321 HB. (*tabla B.6*), dicho acero es el que cuenta con la dureza más aproximada a la obtenida teóricamente. Los cálculos relacionados a este diseño se muestran en el anexo B-2.

Las figuras 4.25 y 4.26 muestran el diseño de los engranes, resaltando las dimensiones obtenidas para cada propiedad.

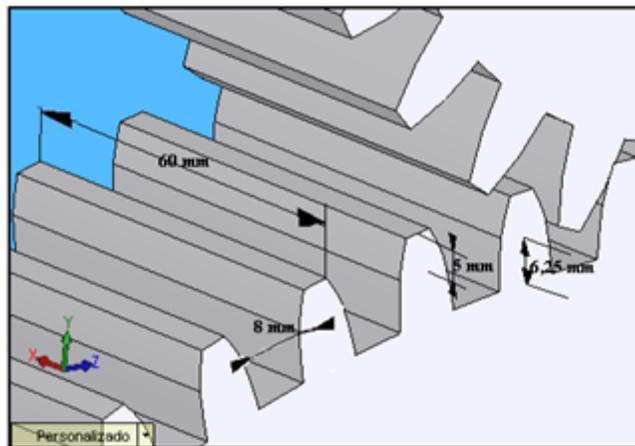


Figura N° 4.25. Dimensiones obtenidas para las propiedades de los dientes de los engranes. Fuente: propia (2008)

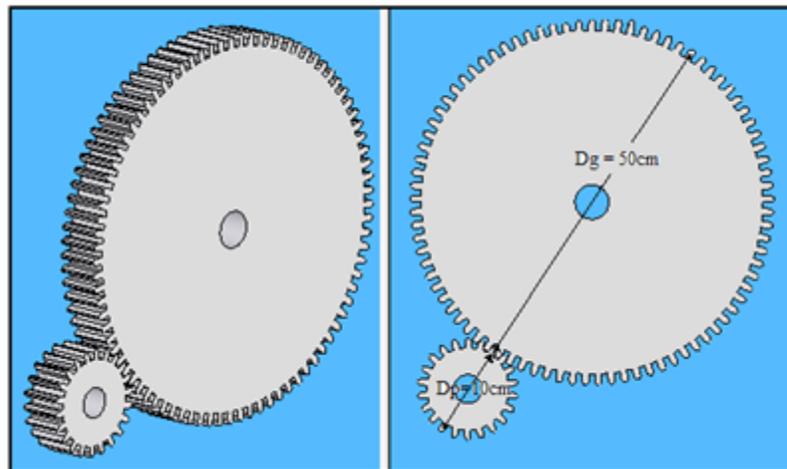


Figura N° 4.26. Ensamble de los engranes diseñados. Fuente: propia (2008)

4.5.2.2. Diseño de ejes

Para el diseño de los ejes se usó el procedimiento recomendado por la norma ANSI B106.1M-1985, usando como criterio de falla “la teoría de falla por energía de distorsión” (criterio de Von Mises). Se seleccionó para el diseño un acero AISI 1040

OQT 400, el cual cuenta con una resistencia a la tracción de $S_u = 779$ MPa y una resistencia al punto cedente $S_y = 600$ MPa (tabla B.6 Anexo B). El diseño está hecho con una confiabilidad del 0,99%, para la cual se estima un factor de confiabilidad de 0,81, un factor de tamaño de 0,8, y un factor de diseño $N=2$, los cálculos relacionados a estos resultados se muestran en el anexo B-2.

La tabla 4.20 muestra los diferentes diámetros obtenidos para el eje de entrada el cual debe girar a una velocidad de 25 rev/min, según los cálculos realizados.

Tabla N° 4.20. Diámetros obtenidos para el diseño del eje de entrada.

Fuente: propia (2008)

Eje de entrada	Diámetro calculado (cm)
D ₁	1,99
D ₂	2,98
D ₃	3,5
D ₄	4,8
D ₅	4,2
D ₆	1,9

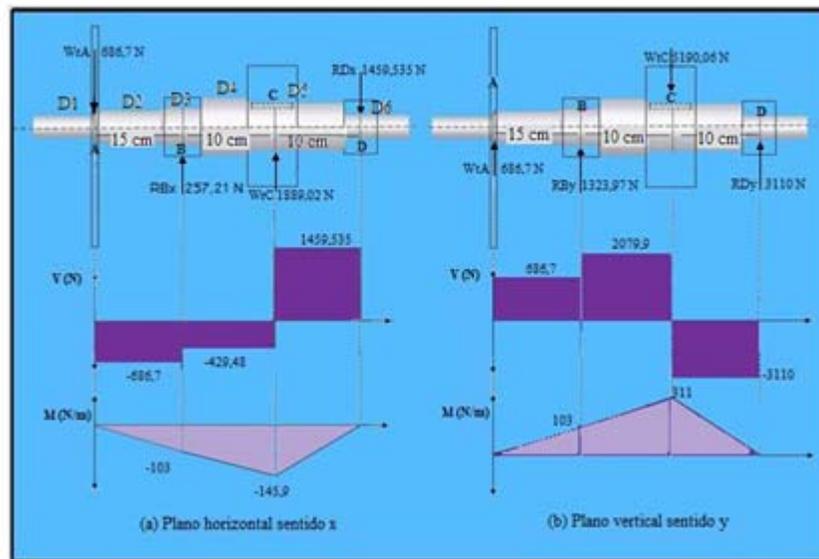


Figura N° 4.27. Diagrama de cargas, corte y momento al cual está sometido el eje de entrada. Fuente: propia (2008).

La tabla 4.21 muestra los diferentes diámetros obtenidos para el eje de salida el cual debe girar a una velocidad de 5 rev/min.

Tabla N° 4.21. Diámetros obtenidos para el diseño del eje de salida.

Fuente: propia (2008)

Eje de salida	Diámetro calculado (cm)
D_1	3,8
D_2	4,2
D_3	4,6
D_4	4,2
D_5	5,8
D_6	7,65

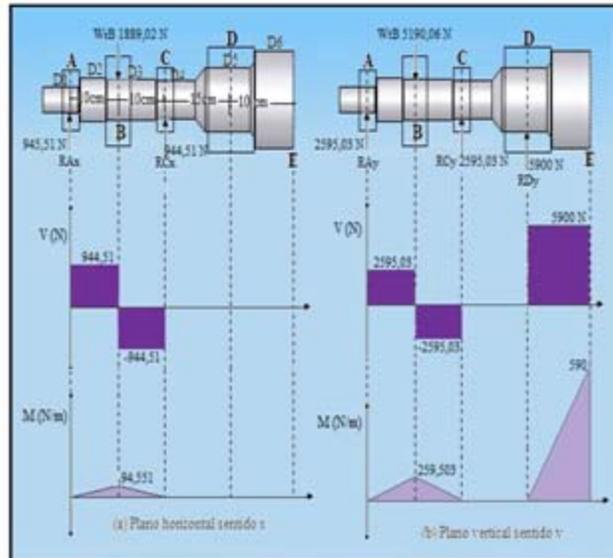


Figura N° 4.28. Diagrama de cargas, corte y momento al cual está sometido el eje de salida. Fuente: propia (2008)

Como se puede observar, en las figuras 4.27 y 4.28, las geometrías obtenidas para cada eje, presentan muchas variaciones de diámetros, lo que a pesar de ser teórica y prácticamente justificable por la presencia de diferentes elementos de máquinas sobre cada eje, no es económicamente factible, debido a que la fabricación y mecanizado de ejes con tantas variaciones de diámetro es bastante costoso.

Este problema se resolvió disminuyendo la cantidad de variaciones de diámetros que se presentan en cada eje; tomando un máximo de tres diámetros para cada uno, cumpliendo siempre con el diámetro mínimo que se exige para cada punto en el que hay concentraciones de esfuerzos. Las figuras 4.29 y 4.30, muestran los diámetros escogidos para cada punto y diseño final de los ejes.

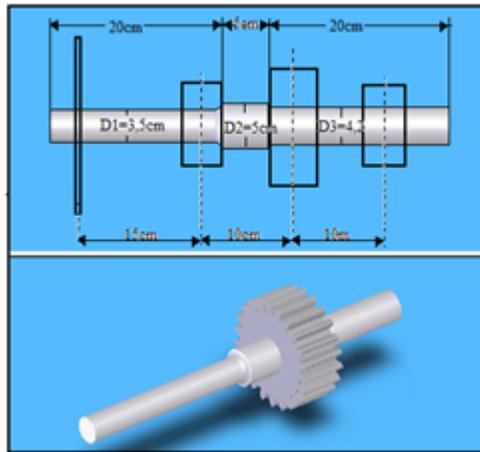


Figura N° 4.29. Diámetros finales seleccionados para el eje de entrada.

Fuente: propia (2008)

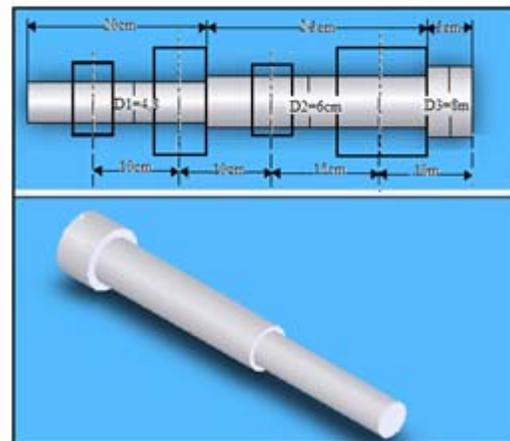


Figura N° 4.30. Diámetros finales seleccionados para el eje de salida

Fuente: propia (2008).

4.5.2.3. Unión de los ejes al horno, mediante el uso de soldadura

Usando un factor de seguridad de $N=2$ se obtuvo un espesor para el cordón de soldadura de $h_e=1,7$ cm. La tabla 4.22 muestra los esfuerzos que actúan sobre la soldadura. Estos esfuerzos cortantes directo y de torsión se calcularon para verificar

que la soldadura no fallara. Los cálculos relacionados a estos resultados se reflejan en el anexo B-2.

Tabla N° 4.22. Esfuerzos que influyen sobre la soldadura.

[Fuente propia]

Esfuerzo cortante directo (MPa)	Esfuerzo cortante de torsión (MPa)	Carga por torsión (MPa)
55,22	51,78	190,5

La carga total por torsión, da menor que la resistencia a la fluencia del electrodo E6010 de 5/32" ($S_y=465\text{MPa}$) seleccionado, lo cual hace que se cumpla el criterio usado donde: $\tau = \tau_t + \tau_d \leq (S_y)_{soldadura}$

Lo que indicando que el diseño no debe fallar por la torsión que afecta la soldadura.

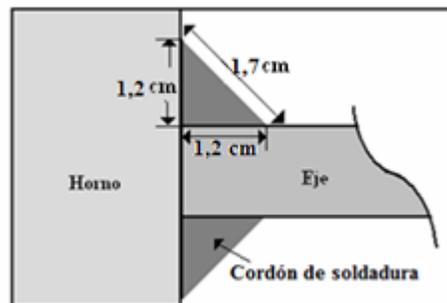


Figura N° 4.31 espesor del cordón de soldadura obtenido.

Fuente: propia (2008).

4.5.2.4. Selección de los cojinetes

Para la selección de los cojinetes se estimó una vida de diseño de 8000 horas, que es la recomendada para cojinetes que se usen en este tipo de maquinarias. El eje

de entrada cuenta con 2 cojinetes, el primero soportara una carga total resultante de 972,45 N y el segundo 3.435,4 N. De acuerdo a la figura B.6 del anexo B, se hallaron los factores de velocidad y vida útil para los cojinetes a seleccionar. Es de acotar que el eje de entrada debe girar a 25 rev/min, según los cálculos realizados en el diseño de engranes y ejes. La tabla 4.23 muestra las cargas dinámicas a soportar por cada cojinete, los cálculos referidos a estos resultados se muestran en el anexo B.

Tabla N° 4.23. Cargas dinámicas a soportar para cada cojinete.

Fuente: propia (2008)

Cojinetes	Cargas dinámica a soportar (N)
C ₁ , para el eje de entrada	2.103,16
C ₂ , para el eje de entrada	7.432,95
C ₁ y C ₂ , para el eje de salida	4.108,34
C ₃ y C ₄ para el eje de salida	8.776,25

La figura 4.32 muestra la ubicación de cada cojinete en el eje de entrada.

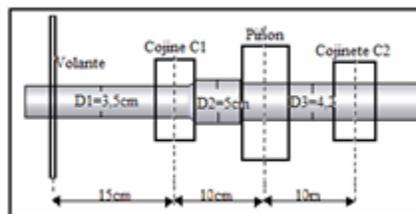


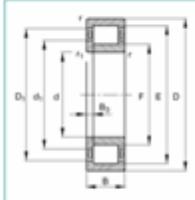
Figura N° 4.32. Ubicación de los cojinetes en el eje de entrada.

Fuente: propia (2008).

La figura 4.33 y 4.34 muestran las características de los rodamientos comerciales INA escogidos para los diámetro D1 de 3,5 cm y el D3 de 4,2 cm,

ambos del eje de entrada, estos rodamientos se seleccionaron partiendo de los diámetros de los ejes y las cargas dinámicas a soportar en cada punto.

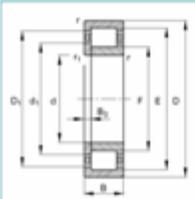
FAG: Rodamientos de rodillos cilíndricos NUP2307-E-TVP2
medidas principales según DIN 5412-1, rodamiento fijo, desmontable, con jaula



d	35	
D	80 mm	
B	31 mm	
B_2	5 mm	
D_1	66,6 mm	
d_1	51 mm	
E	70,2 mm	
F	45,2 mm	
m	0,751 kg	Peso
C	108000 N	Capacidad de carga dinámica
C_0	96000 N	Capacidad de carga estática
n_L	9000 1/min	Velocidad límite
n_R	6700 1/min	Velocidad de referencia
C_1	17400 N	Carga límite de fatiga

Figura N° 4.33. Características del rodamiento comercial escogido para el D1 del eje de entrada. Fuente: Catálogo de rodamientos INA (2008)

FAG: Rodamientos de rodillos cilíndricos NUP2306-E-TVP2
medidas principales según DIN 5412-1, rodamiento fijo, desmontable, con jaula



d	45 mm	
D	72 mm	
B	37 mm	
B_2	4,5 mm	
D_1	59,2 mm	
d_1	45 mm	
E	62,5 mm	
F	40,5 mm	
m	0,551 kg	Peso
C	86000 N	Capacidad de carga dinámica
C_0	75000 N	Capacidad de carga estática
n_L	10000 1/min	Velocidad límite
n_R	7300 1/min	Velocidad de referencia
C_1	13200 N	Carga límite de fatiga

Figura N° 4.34. Características del rodamiento comercial escogido para el D3 del eje de entrada. Fuente: Catálogo de rodamientos INA (2008)

La figura 4.35 muestra la ubicación de cada cojinete en el eje de salida.

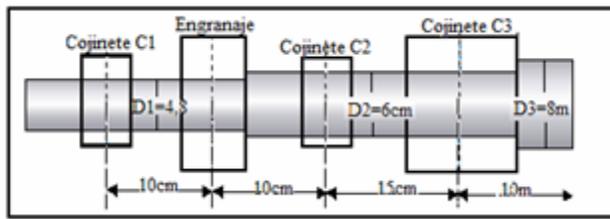


Figura N° 4.35. Ubicación de los cojinetes en el eje de salida.

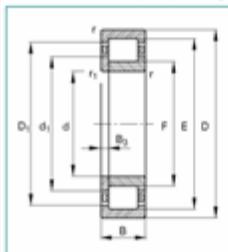
Fuente: propia (2008).

Las figuras 4.36, y 4.37 muestran las características de los rodamientos comerciales INA escogidos para los diámetros D1 de 4,8 cm y D2 de 6 cm, todos del eje de salida, estos rodamientos se seleccionaron partiendo de los diámetros de los ejes y las cargas dinámicas a soportar en cada punto.

FAG: Rodamientos de rodillos cilíndricos NUP2306-E-TVP2		
medidas principales según DIN 5412-1, rodamiento fijo, desmontable, con jaula		
d	50 mm	
D	72 mm	
B	37 mm	
B_3	4,5 mm	
D_t	59,2 mm	
d_t	45 mm	
E	62,5 mm	
F	40,5 mm	
m	0,551 kg	Peso
C	96000 N	Capacidad de carga dinámica
C_0	75000 N	Capacidad de carga estática
n_0	10000 1/min	Velocidad límite
n_B	7300 1/min	Velocidad de referencia
C_w	13200 N	Carga límite de fatiga

Figura N° 4.36. Características del rodamiento comercial escogido para el D1 del eje de salida. Fuente: Catálogo de rodamientos INA (2008).

FAG: Rodamientos de rodillos cilíndricos NUP2306-E-TVP2
medidas principales según DIN 5412-1, rodamiento fijo, desmontable, con jaula



d	60 mm	
D	86 mm	
B	50 mm	
B₂	6,5 mm	
D₁	69,2 mm	
d₁	55 mm	
E	62,5 mm	
F	40,5 mm	
m	0,731 kg	Peso
C	11900 N	Capacidad de carga dinámica
C₀	85000 N	Capacidad de carga estática
n₀	10000 1/min	Velocidad límite
n_B	7300 1/min	Velocidad de referencia
C_w	13200 N	Carga límite de fatiga

Figura N° 4.37. Características del rodamiento comercial escogido para D2 del eje de salida. Fuente: Catálogo de rodamientos INA (2008).

Para los dos rodamientos restantes, que soportan el peso del horno, se escogió la serie ZNR31 para cubrir las necesidades de un diámetro de 8cm y una carga dinámica de 8.776,25 N. Se seleccionó el rodamiento de la serie ZNR31, Modelo F-803158 ZL-K-C3, como el mostrado en la figura 4.38, el cual cumple con las especificaciones necesarias, (diámetro, espesor y carga). En el anexo C-5 se muestra el catálogo de rodamientos INA.

 FAG: Rodamientos de rodillos cilindricos F-803158.ZL-K-C3 rodamiento libre, de dos hileras, desmontable, con regulación de alineación, con jaula		
d	80 mm	
D	173 mm	
B	110 mm	
F	125 mm	
a_s	9,5 mm	
f_{s max}	2,5 mm	
r_{min}	3 mm	
s	8,3 mm	Desplazamiento axial desde la posición central
C	52000 N	Capacidad de carga dinámica
C₀	73500 N	Capacidad de carga estática
n₀	3800 1/min	Velocidad límite
m	13,1 kg	Peso
C₁₀	95000 N	Carga límite de fatiga

Figura N° 4.38. Características del rodamiento escogido para los soportes del horno.

Fuente: Catálogo de rodamientos INA (2008)

4.5.2.5 Selección de soportes para los cojinetes

Se seleccionaron soportes comerciales SNR ZOCALO, de la serie 300, como el mostrado en la figura 4.39, para todos los rodamientos del diseño, ya que esta serie cumple con un rango de aceptación, en cuanto a los diferentes diámetros de los ejes se refiere. El catálogo de los soportes el cual incluye la lista de los diferentes diámetros permitidos para este modelo, se encuentra en el anexo C-6.

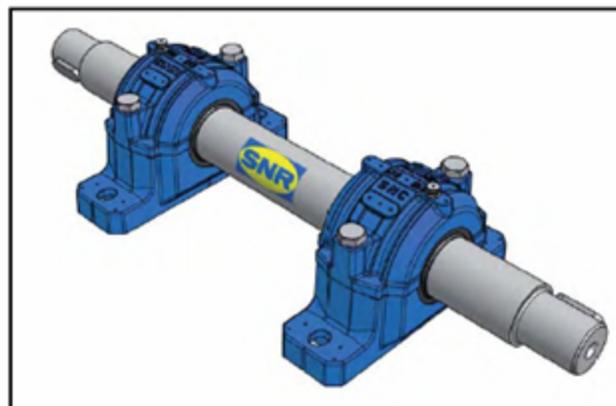


Figura N° 4.39. Soportes escogidos para los cojinetes.

4.5.2.6. Diseño y selección de cuñas

La tabla 4.24 muestra las dimensiones obtenidas en el diseño de las cuñas del piñón y engrane. Este diseño se hizo partiendo con el diámetro de cada eje en el punto donde se encuentran los engranes. Los cálculos referidos a este diseño se encuentran en el anexo B.2.

Tabla N° 4.24. Geometría para el diseño de las cuñas. Fuente: propia (2008)

Cuñas	Longitud (cm)	Espesor (cm)	Profundidad de Cuña (cm)	Radio de chaflán	Chaflán a 45°
Engrane	4,2	1,27	0,635	0,158	0,19
Piñón	1,3	0,95	0,47	0,079	0,11

La longitud obtenida en el diseño de la cuña para el piñón es mucho menor al espesor (cara) del mismo (6 cm), lo que hace que el diseño se modifique, aumentando la longitud de la cuña a 3 cm, siendo este valor la mitad del espesor del piñón, el cual es la mínima longitud que puede tener una cuña . Las figuras 4.40 y 4.41 muestran el diseño final de la geometría de las cuñas y su respectivo ensamble.

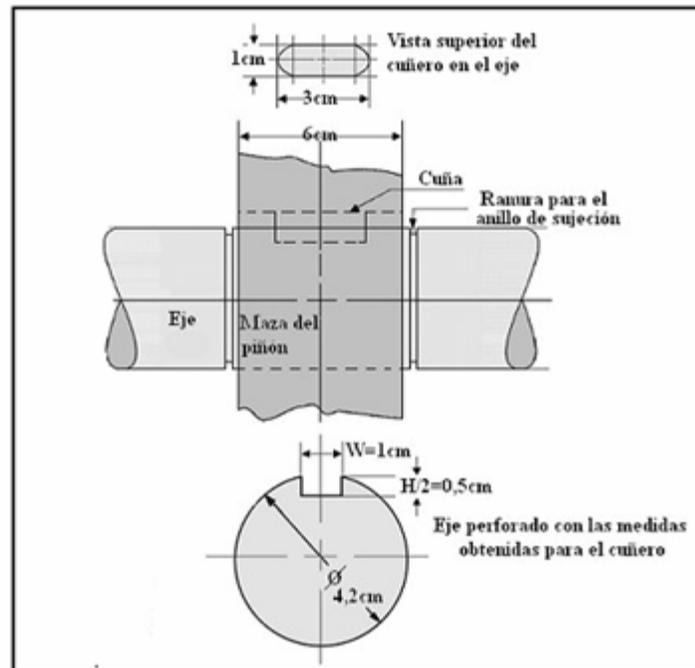


Figura N° 4.40. Representación gráfica del ensamble de la cuña diseñada para el piñón.

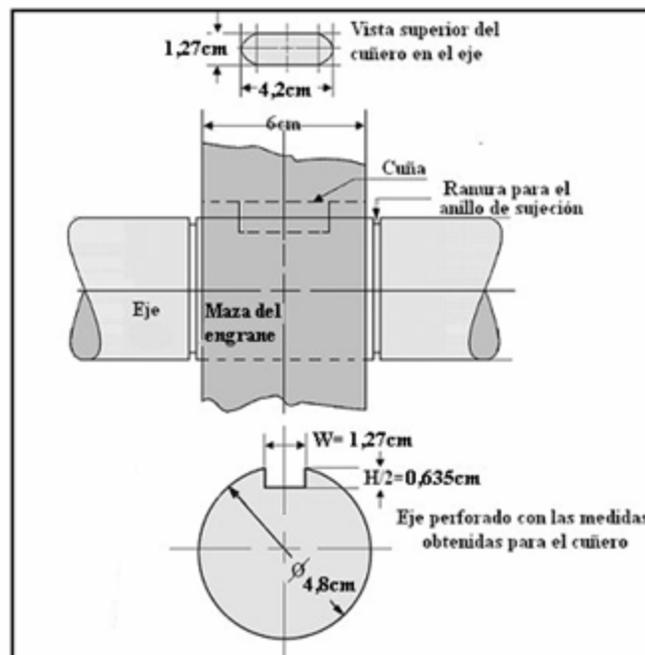


Figura N° 4.41.

Representación gráfica del ensamble de la cuña diseñada para el engranaje.

4.5.2.7. Selección de los anillos de sujeción.

Para este diseño se seleccionaron anillos de sujeción externos, para así hacer más fácil el desmontaje de las piezas a la hora de realizarle mantenimiento al sistema basculante del horno. En el anexo C-7 se muestra una serie de anillos, del catálogo Waldes Truarc en su gran mayoría externos, los cuales se adaptan a las necesidades requeridas por el diseño.

4.5.2.8. Diseño de soportes.

El diseño de los soportes se hizo con barras redondas de acero AISI 1020 de 76,2 mm (3") de diámetro. La figura 4.42 muestra el pórtico o soporte, el cual se diseño basando su altura en la distancia necesaria para que el horno basculara sin problemas de colisión con el piso. El catalogo FERRUM de Aceros, de donde se seleccionaron las barras se encuentra en el anexo C-2.

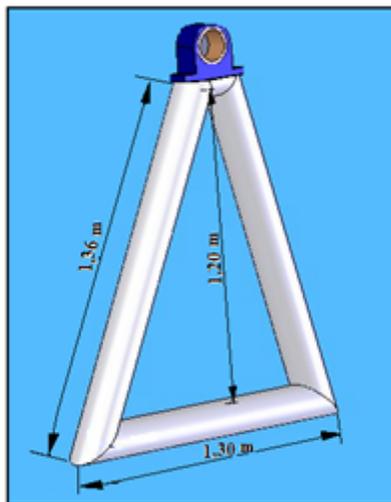


Figura N° 4.42. Soporte diseñado. Fuente: propia (2008)

Al soporte diseñado se le hizo un análisis de esfuerzo utilizando la herramienta de Cosmos Xpress del software SolidWorks Profesional versión 2006, los resultados obtenidos se muestran en la figura 4.43, en la cual se puede observar que el diseño no debe fallar por la carga de 5.886 N que debe soportar; este análisis arroja un factor de seguridad bastante alto, el cual indica que el pórtico esta sobre diseñado.



Figura N° 4.43. resultado colorimétrico de verificación de diseño en el pórtico.

Fuente: propia (2008)

La figura 4.44 muestra la distribución de esfuerzo y apariencia deformada del soporte diseñado

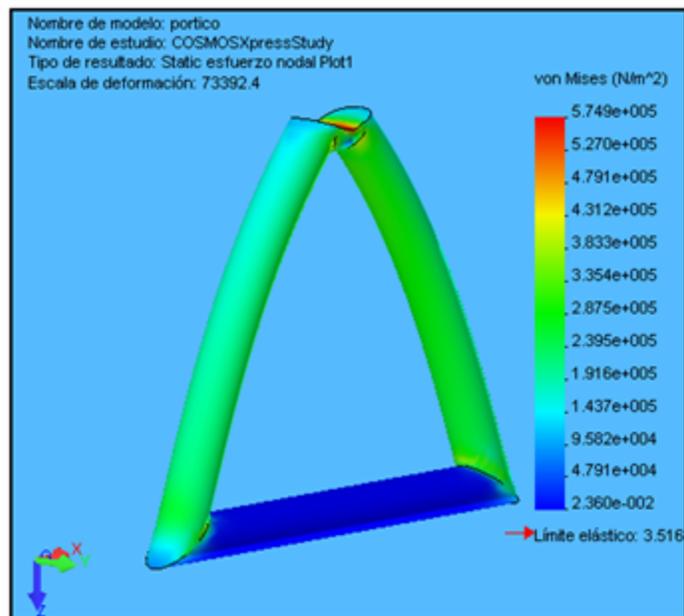


Figura N° 4.44. Resultados colorimétrico de la distribución de esfuerzo en el soporte del horno.

La figura 4.45 y 4.46 muestran el ensamble final del horno basculante diseñado, (horno, soporte, cojinetes, soportes para cojinetes y el sistema de transmisión).

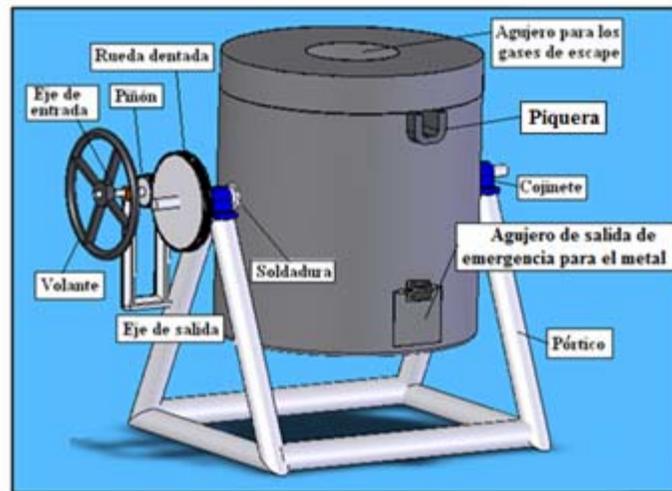


Figura N° 4.45. Ensamble del horno basculante diseñado (horno, soportes, cojinetes, soportes para cojinetes, ejes, etc.).

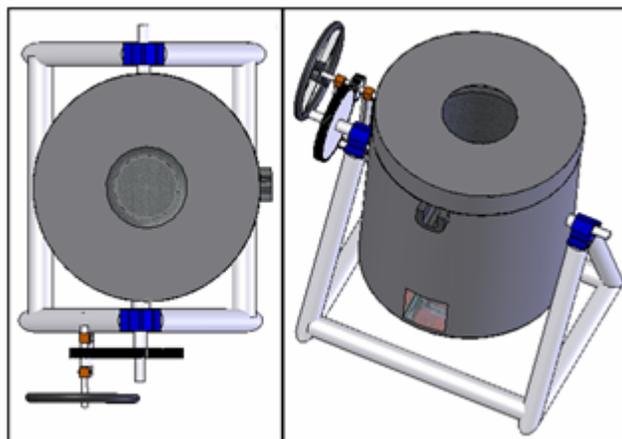


Figura N° 4.46. Vista superior e isométrica del horno basculante diseñado.

Fuente: propia (2008).

4.6. Estudio y Acondicionamiento de la arena natural, usada en el taller ALUMNOR C.A.

En las visitas realizadas al taller ALUMNOR C.A. se pudo observar que aproximadamente el 40% de las piezas obtenidas por colada, en un día de trabajo,

presentan alteraciones y defectos: en la forma (deformaciones, aplastamiento, hundimientos, rebabas, entre otras); en su superficie (aspecto tosco, abultamientos, inclusiones de arena, etc.) y en el conjunto de la pieza (discontinuidades, desprendimiento de partes del molde, grietas y roturas). Estos defectos se pueden atribuir principalmente al empleo de arena natural, obtenida en las adyacencias del taller, a la cual nunca se le han realizado pruebas físicas o químicas que ayuden a definir si las características de la misma cumplen con las necesidades que requiere una buena arena para fabricar moldes de fundición (la cual debe tener un porcentaje de arcilla en un rango de 5% a 17% y una humedad de 3% al 5%). Por ende se hizo necesario el acondicionamiento de una nueva arena para fundir, lo que requirió primordialmente realizar pruebas de compresión y corte en verde a la arena actualmente usada en el taller.

4.6.1. Resultados de las pruebas realizadas para verificar las características y propiedades de la arena natural, usada en el taller ALUMNOR C.A.

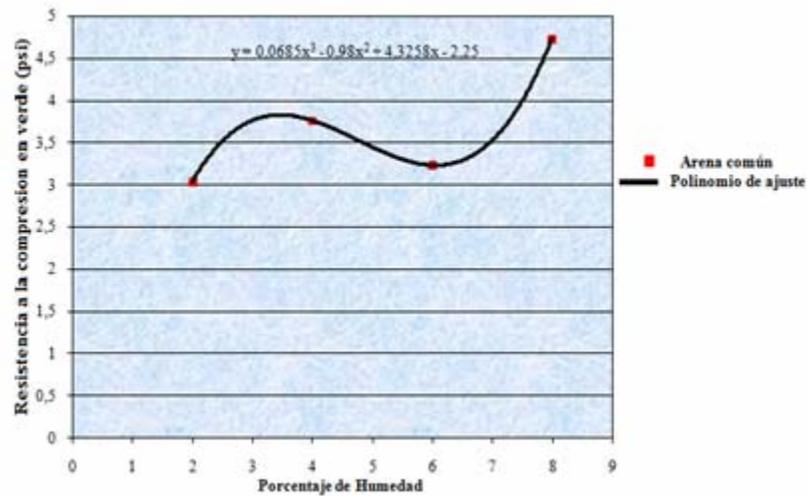
4.6.1.1. Resistencia a la compresión en verde (ASTM D-695)

La tabla 4.26 muestra los resultados obtenidos en la prueba de resistencia a la compresión en verde, realizada a la arena usada actualmente en el taller ALUMNOR C.A.

Tabla N° 4.26. Valores leídos para la resistencia a la compresión en verde en función del porcentaje de humedad.

Porcentaje de Humedad (%)	Volumen de H ₂ O(ml)		Resistencia a la compresión en verde (PSI)			
	En la arena	Agregado	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Valor promedio
2	71,63	71,63	3,2	3,4	2,5	3,03
4	146,25	74,62	3,5	3,8	4,0	3,76
6	224,04	77,79	3,5	2,8	3,4	3,23
8	305,2	81,16	5,0	4,5	4,7	4,73
10	390	84,8	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada
12	478,6	88,6	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada

Dichos resultado como se debía esperar, aumentaron con las primeras adiciones de agua coincidiendo con la teoría de la prueba realizada, el problema se presentó a medida que se le aumento la humedad a la muestra de arena; ésta en vez de disminuir la resistencia a partir de un 8% aproximadamente, siguió aumentando hasta un punto que la medida se volvió indeterminada para la escala de la maquina universal usada para la prueba; lo cual hizo corroborar que la cantidad de arcilla o aglutinante natural que le otorga el color rojizo a la arena, podría estar muy por encima de los niveles permitidos para una arena de moldeo, pudiendo ser ésta la principal causa de los defectos en las piezas, porque al estar el contenido de arcilla por encima de lo permitido, la permeabilidad en la arena disminuye considerablemente, evitando así que los gases producidos cuando se vierte el metal fundido en el molde escapen. En La gráfica 4.2 se puede observar de mejor manera como la resistencia aumenta y luego se mantiene constante al incremento de humedad.



Gráfica N° 4.2. Resistencia a la compresión en verde en función del porcentaje de Humedad.

4.6.1.2. Resistencia al corte en verde (ASTM D-695)

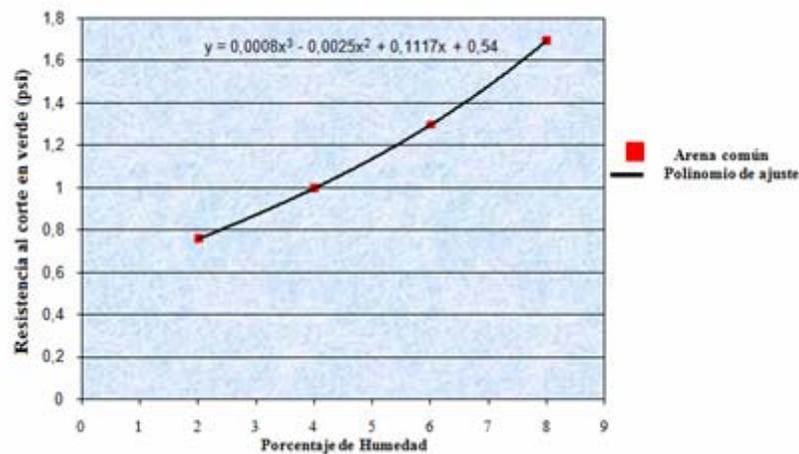
La tabla 4.27 y la gráfica 4.3 muestran los resultados obtenidos en la prueba de resistencia al corte en verde, realiza a la arena usada actualmente en el taller en estudio.

Tabla N° 4.27. Valores leídos para la resistencia al corte en verde de las probetas en función del porcentaje de humedad.

Fuente: propia (2008)

Porcentaje de Humedad (%)	Volumen de H ₂ O (ml)		Resistencia al corte en verde (PSI)			
	En la arena	Agregado	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Valor promedio
2	68,77	68,77	0,6	0,6	1,1	0,76

4	140,7	71,94	1,2	0,9	0,9	1,0
6	215	74,29	1,2	1,3	1,4	1,3
8	293	78	1,8	1,7	1,6	1,3
10	374	81	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada



Gráfica N° 4.3. Resistencia al corte en verde en función del porcentaje de Humedad.

Los resultados obtenidos en las primeras pruebas mecánicas realizadas (resistencia al corte y la compresión en verde), a pesar de ser las más usadas para verificar la calidad de la arena, no arrojan alguna otra información a parte de la resistencia, aunque cabe destacar que los resultados poco favorables obtenidos, son un indicativo del posible alto contenido de arcilla en la arena. Para corroborar ésta posible conclusión y poder mejorar la arena de moldeo usada, sin incurrir en altos costos (comprando arena artificial), y así poder cumplir el objetivo propuesto, se realizaron pruebas tales como: permeabilidad, humedad, granulometría, límites de plasticidad y peso específico, los resultados obtenidos se muestran a continuación.

4.6.1.3. Prueba de contenido de humedad (ASTM D-2216).

Tabla N° 4.28. Resultados obtenidos en la prueba de humedad.

Fuente: propia (2008)

PC (g)	PCSH (g)	PCSS (g)	P Agua (g)	PSS (g)	%H
191,60	7.577	7.295,00	282,00	7.103,40	3,97

El grado de humedad obtenido es favorable y aceptable para arenas de moldeo, debido a que se encuentra en el rango permitido (3% a 6% de humedad).

4.6.1.4. Prueba de granulometría (ASTM D-422)

La tabla 4.29 muestra los resultados obtenidos en la prueba de granulometría por tamices, los cálculos referidos a estos resultados se muestran en el anexo B-3.

Tabla N° 4.29. Porcentajes de suelo retenido y pasado por cada tamiz.

Fuente: propia (2008)

Tamices	#4	#10	#20	#40	#60	#100	#200
Tamiz (mm)	4,76	2,00	0,84	0,42	0,25	0,149	0,074
P. Ret (g)	0,9	6,71	13,51	17,47	19,41	26,92	31,95
% Ret.	0,35	2,58	5,19	6,72	7,58	10,35	12,21
% Más Finos	99,65	97,07	91,87	85,15	77,69	67,34	55,06

Descripción Visual: Arena, con arcilla color negro

$$\text{Arena} = (100 - 55,06) = 44,59$$

$$\text{Fino} = 55,06$$

$$\text{Sílíce} = 0,35$$

Con esta prueba de granulometría realizada, se verificó el porcentaje de cada partícula que compone la arena estudiada, aunque es observable que el contenido de arcilla y limo es uno sólo, lo cual se debe a que el tamaño de estas dos partículas es tan pequeño que ambas pasan por el tamiz N° 200 (malla más fina). Para verificar el contenido exacto de arcilla, se debe realizar un ensayo de hidrómetro, ya que con estos resultados granulométricos obtenidos se puede confirmar que la cantidad de arcilla en la arena usada sobrepasa los límites permitidos para una arena de moldeo, el cual debe estar en un rango de 5% a 17%.

4.6.1.5. Límites de consistencia (ASTM-D-424).

Los resultados mostrados en la tabla 4.30, reflejan los porcentajes de plasticidad de la arena estudiada.

Tabla N° 4.30. Límites de plasticidad de la arena. Fuente: propia (2008)

PC (g)	NG	PCSH (g)	PCSS (g)	%W	%LL	%LP	%IP
29	9	53,20	43,96	28,03	24,80	22,43	2,77
30	-	32,65	28,66	22,59	-		
31	-	30,50	26,95	22,26			
32	18	64,50	53,25	26,63	25,60		

Con los resultados obtenidos, se pudo clasificar la arena según tabla B.11 del anexo B, como ML (Limo arcilloso con ligera plasticidad).

4.6.1.6. Peso específico (ASTM D854).

Tabla N° 4.31. Clasificación de la arena de acuerdo a su peso específico.

Fuente: propia (2008).

	PSS	PFWS	PFW	TEMP	PE	PE GWT
A	50	387,70	356,3	27	2,69	2,68
B	50	375,1	343,8	27	2,67	2,66
Promedio de peso específico					2,68	2,67
Arena Limosa (2,67 – 2,70)					2,68	

Según los resultados obtenidos en el cálculo del peso específico se puede clasificar la arena como, Arena Limosa. La arena estudiada entra en esta clasificación, ya que el peso específico obtenido es de 2,68, el cual entra en el rango para arenas limosas.

4.6.1.7. Permeabilidad de Carga constante y variable (ASTM D24-34).

Después de haber pasado 24 horas la muestra de suelo en el permeámetro, los resultados arrojados eran negativos, indicándonos que la muestra no era permeable debido a la gran cantidad de arcilla que esta contiene, valores que se pueden comprobar en la prueba hidrométrica.

4.6.1.8. Ensayo De Hidrómetro (ASTM D42-21).

La tabla 4.32 muestra los resultados obtenidos en el ensayo de hidrometría. En la gráfica 4.4, se puede observar el contenido de arcilla parcial y total que se encuentra en la arena estudiada, donde de acuerdo a la teoría estudiada de ensayo hidrométrico, al trazar una perpendicular al eje que contiene el diámetro de las partículas en el punto de 0,002 mm haciendo cortar esta línea trazada en la curva del porcentaje más fino parcial y total de la arena en la gráfica semi logarítmica, se encontrara el porcentaje de arcilla y limo presentes en la muestra de arena, obteniendo un porcentaje de arcilla de 25,22%.

Tabla N° 4.32. Resultados obtenidos en la prueba de hidrometría. Fuente: propia
(2008)

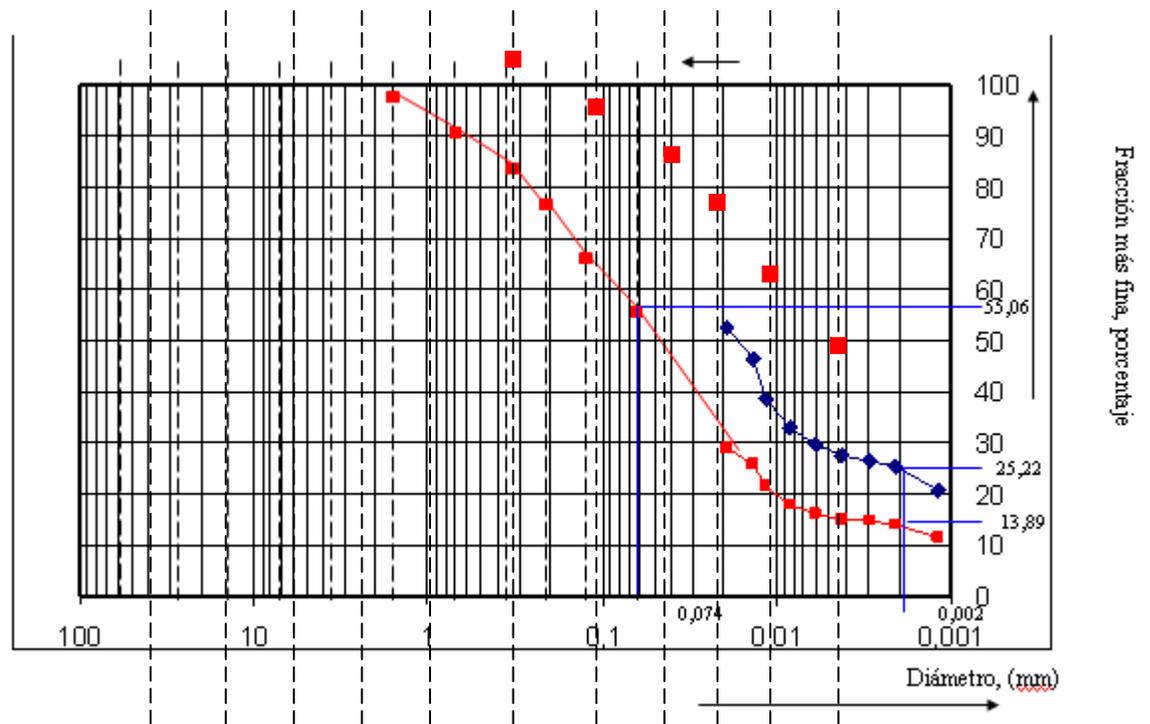
HIDROMETRO N° 152-H			CILINDRO N° 7E			CAPSULA N° 4				
AGENTE DEFLOCULANTE: Sodio Polifosfato (NaPO ₃)						Peso suelo seco: 50g				
CORRECCIÓN POR AGENTE DEFLOCULANTE Y PUNTO CERO: CD= +3						CORRECCIÓN POR MENISCO CM= 1G/LI				
Tempo	Tempo (min) transcurrido	Temp. °C	Lectura de Hidrómetro (R')	Lectura (R'+ Cm) corregida (R)	Profundidad efectiva (L)	Diámetro de partículas D(mm)	Ct	R-Cd+/- Ct	% Más fino parcial	% Más fino total
10 a.m.	5	27	26	27	11,9	0,0191	2,44	26,44	52,56	28,94
10:05 a.m.	10	27	23	24	12,4	0,0138	2,44	23,44	46,59	25,65
10:15 a.m.	15	27	19	20	13,0	0,0115	2,44	19,44	38,64	21,27
10:30 a.m.	30	27	16	17	13,5	0,0083	2,44	16,44	32,68	17,99
11:00 a.m.	60	28	14	15	13,8	0,0059	2,84	14,84	29,50	16,24
12:00 m.	120	28	13	14	14,0	0,0042	2,84	13,84	27,51	15,14
02:00 p.m.	240	29	12	13	14,2	0,0029	3,27	13,27	26,38	14,52
04:00 p.m.	480	30	11	12	14,3	0,0021	3,69	12,69	25,22	13,89
10:00 a.m.	1440	27	10	11	14,5	0,0012	2,44	10,44	20,75	11,42

Ct: (corrección de temperatura de las lecturas del hidrómetro) (tabla C.4, anexo

C)

L: Zr(cm)= (tabla C.6 anexo C)

Contenido de arcilla en la muestra de suelo: 25,22% (según grafica N° 4.4 semi logarítmica realizada).



Gráfica N° 4.4. Diámetro de las partículas en función del porcentaje de fracción más fina. Fuente: propia (2008)

4.6.2. Acondicionamiento de la arena

Una vez obtenida la cantidad de arcilla y limo presente en la arena, mediante las pruebas realizadas, se procedió reacondicionar la arena de moldeo que se debe usar en el taller para mejorar tanto la facilidad de fabricación de moldes como el buen acabado de las piezas. La figura 4.47 muestra la composición de la arena usada actualmente, y la 4.48 los porcentajes totales de la arena acondicionada.

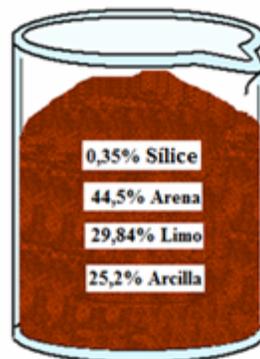


Figura N° 4.47. Composición de la arena natural utilizada en el taller.

Fuente: propia (2008)

La cantidad de arena sílice agregada a la muestra que arrojo resultados favorables fue, de 1.000 gramos de sílice por cada 1.000 gramos de arena natural (estudiada).

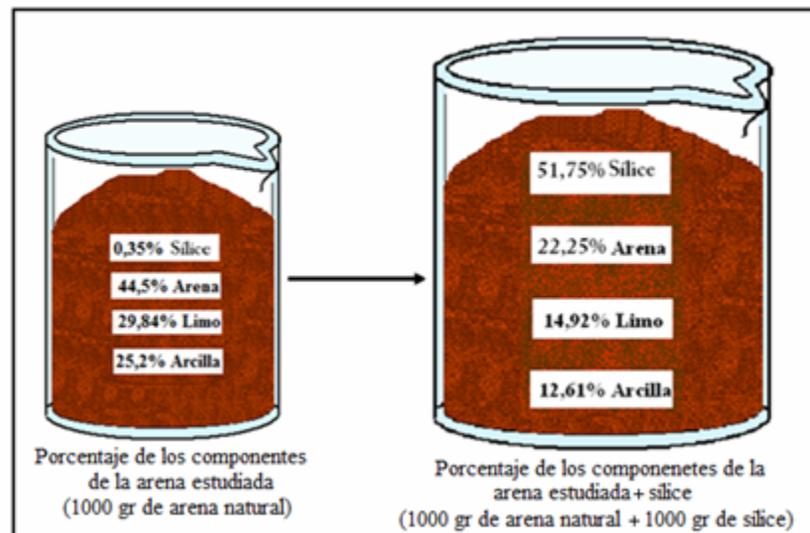


Figura N°4.48. Composición de la arena natural Vs composición de la arena diseñada.

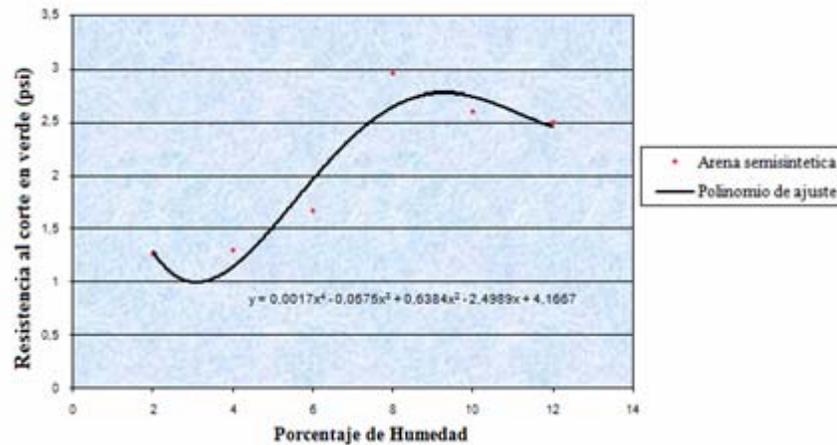
Luego de obtener un porcentaje que, analíticamente, cubra las necesidades requeridas para una buena arena de fundición, se procedió a realizarle las pruebas de resistencia al corte y a la compresión a dicha arena acondicionada, para así comprobar físicamente que los porcentajes obtenidos se adaptan perfectamente a las necesidades a cubrir.

4.6.2.1. Resistencia al corte en verde de la arena acondicionada (arena natural mas arena sílice)

La tabla 4.33 y la gráfica 4.5 muestran los resultados obtenidos en la prueba de resistencia al corte en verde, realizada a la arena diseñada.

Tabla N°4.33. Valores leídos para la resistencia al corte en verde en función del porcentaje de humedad.

Porcentaje de Humedad (%)	Volumen de H ₂ O (ml)		Resistencia al corte en verde (PSI)			
	En la arena	Agregado	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Valor promedio
2	92,72	92,72	1,0	1,6	1,2	1,26
4	189,29	96,57	1,3	1,4	1,2	1,30
6	289,97	100,68	1,8	1,5	1,7	1,67
8	395,04	105,07	3,0	2,9	3,0	2,96
10	504,77	109,73	2,8	2,6	2,7	2,60
12	619,50	114,73	2,5	2,6	2,4	2,50



Gráfica 4.5. Resistencia al corte en verde en función del porcentaje de humedad.

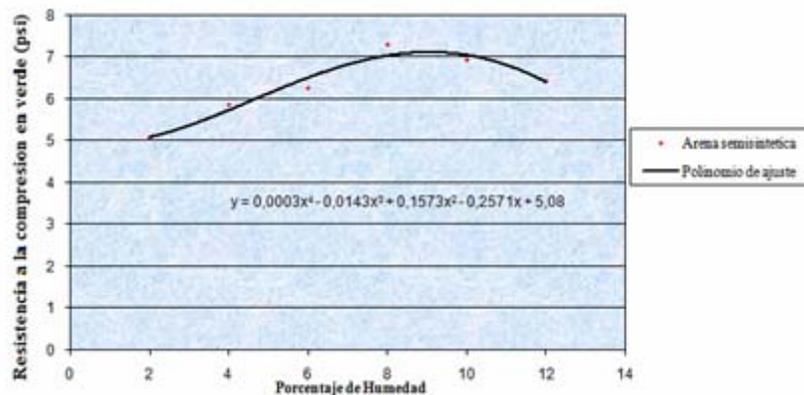
Fuente: propia (2008)

4.6.2.2. Resistencia a la compresión en verde de la arena acondicionada.

Tabla N° 4.34. Valores leídos para la resistencia a la compresión en verde en función del porcentaje de humedad.

Porcentaje de Humedad (%)	Volumen de H ₂ O (ml)		Resistencia al corte en verde (PSI)			
	En la arena	Agregado	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Valor promedio
2	83,4	83,4	5,3	5,0	4,9	5,06
4	170,36	86,96	5,7	5,9	6,0	5,86

6	260,98	90,62	6,1	5,9	6,8	6,26
8	355,53	94,55	6,9	7,8	7,2	7,3
10	454,3	98,77	7,1	7,0	6,7	6,93
12	557,55	103,25	6,8	6,50	6,0	6,43



Gráfica 4.6. Resistencia a la compresión en verde en función del Porcentaje de Humedad.

Fuente: propia (2008)

Luego de realizar las pruebas mecánicas (resistencia al corte y compresión en verde), a la arena acondicionada, se observó el resultado satisfactorio en el comportamiento de la arena, como se puede observar en las gráficas 4.5 y 4.6, donde las curvas muestran un comportamiento ascendente hasta un 8% de humedad aproximadamente y luego tienden a decrecer corroborando así la teoría de estas pruebas para una buena arena de moldeo. Estos resultados experimentales también afirman, que los resultados obtenidos analíticamente en los porcentajes que se usaron al diseñar la arena son correctos, esperando con este diseño disminuir en gran parte el mal acabado que están presentando actualmente las piezas en el taller.

4.7. Selección de los dispositivos de tratamiento y manejo de la arena diseñada.

Antes de poder obtener una pieza fundida, necesariamente hay que confeccionar el modelo representativo de la pieza, hacer el moldeo de la arena, efectuar la colada y finalmente trabajar en el acabado de la pieza. Esto indica claramente que aun cuando las operaciones siguen la secuencia del proceso, constituyen secciones diferentes, de tal manera que deben existir, por lo menos, tres secciones en un taller de fundiciones:

- Sección de modelos y moldeo
- Sección de producción
- Sección de mecanizado

4.7.1. Equipos seleccionados

La arena usada procede del desmoldeo en masa heterogénea, reagrupada en terrones compactos en los puntos que estuvieron en contacto directo con el metal. Esta masa se debe reducir nuevamente al estado granular. Para lograr este objetivo se seleccionó una desterronadora con un principio de funcionamiento de dos aspas como la mostrada en la figura 4.49, cuyo objetivo es triturar la arena que se compactó, devolviéndola al estado granular.

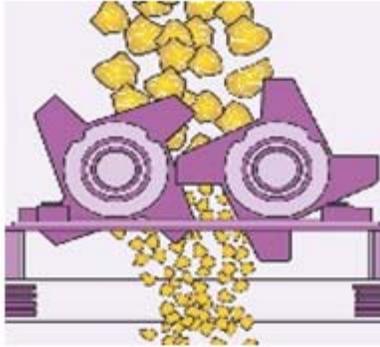


Figura N°4.49. Principio de funcionamiento de la desterronadora de dos aspas

Fuente: propia (2008)



Figura N°4.50. Desterronadora de dos cilindros, AUBEMA

Fuente: propia (2008)

La arena usada aún después de desterronarse, puede contener rebabas, trozos de metal e inclusive clavos que se podrían desprender de los moldes, para eliminar estos fragmentos metálicos, es seleccionada una criba inclinada o de pie, la cual tiene un funcionamiento muy sencillo, y no hay que incurrir en altos costos para obtenerla.



Figura N°4.51. Criba inclinada o de pie (manual)

Fuente: propia (2008)

Por último para realizar un buen acondicionamiento y manejo de la arena, se selecciona una mezcladora y amasadora, con la finalidad de garantizar una mezcla homogénea entre la arena ya cribada la nueva arena (si se usara) y el agua. Mientras más eficiente sea la mezcladora, mas rápido se obtendrá la cohesión requerida.

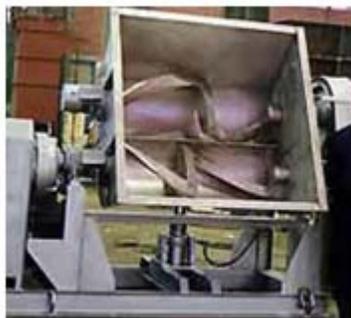


Figura N° 4.52. Mezcladora y amasadora

Fuente: propia (2008).

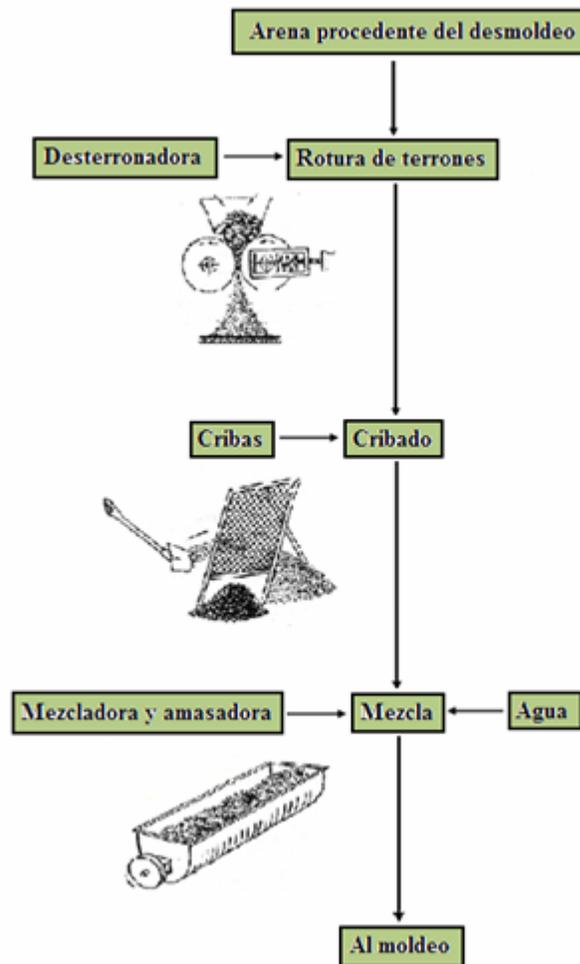


Figura N° 4.53. Diagrama de preparación de la arena según equipos seleccionados.

4.8. Diseño y propuesta de mejoras en las instalaciones.

Actualmente el taller ALUMNOR C.A., no posee una infraestructura que este acorde con las actividades que se realizan en él, por lo que se hizo necesario el diseño y la distribución de áreas, las cuales se muestran en las figuras 4.54 y 4.55, con ello se identificaron las secciones del taller y las actividades a realizar en estas.

4.8.1. Descripción de las áreas propuestas para el taller de fundiciones ALUMNOR C.A.

Área de entrada: está diseñada para el paso del personal que labora así como proveedores o distribuidores de la materia prima y clientes a la planta, el vigilante supervisará las actividades en esta área.

Área administrativa: en ella se realizan actividades relacionadas con el estado financiero de la planta así como también de la movilización de los recursos monetarios y compra de la materia prima, por lo que se hace necesario de una infraestructura segura y con un ambiente interno cómodo y fresco con buena iluminación (mixta), ventilación (artificial), filtro de agua.

Área de producción: esta es la zona en la que se llevan a cabo las actividades de mayor riesgo laboral, como lo es la preparación de modelos, colada (fundido y vertido del metal), mecanizado de las piezas, traslado de materiales y equipos, entre otros. Por ello es de vital importancia diseñar esta área con ventilación natural generada por un cercado metálico apoyado en una sección de pared de 50 centímetros de alto, la iluminación será (mixta) filtros de agua, extintores, salida de emergencia.

Comercialización: en esta área se desarrollan las actividades de venta a mayor y detal de los productos procesados en la planta, esta debe estar muy cerca o anexada al área de recepción con iguales condiciones al área administrativa.

Área de Recepción: ubicada en el área de comercialización, debe estar provista de equipos de oficina, de tal manera que ofrezca al cliente la mayor comodidad (sillas, mesas, ventilación artificial, servicio de té y café, etc.), esa área de espera debe incluir sistemas de audio o visuales o ambos de tal manera que el cliente esté informado no sólo de las piezas que se producen en el taller si no también del proceso de producción que se lleva a cabo para la obtención de los mismos, para así lograr de ello una herramienta de comercialización y venta de los productos.

Baños y vestidores: el personal deberá tener acceso a baños y vestidores, los cuales quedaran separados al área de proceso. Las áreas destinadas a baños y vestidores deberán estar bien ventiladas e iluminadas. Los drenajes de estas áreas serán independientes de las áreas de producción. Se colocarán contenedores con tapa para basura, los cuales deberán ser de un material que facilite su limpieza. En el área de baños, debe existir un lavamanos por cada 15 personas, aunque es altamente recomendable incrementar este número. Los vestidores deberán estar separados del área de baños, diseñados de tal manera que exista suficiente espacio para que el personal pueda utilizarlos sin congestionamientos. Dentro del área de vestidores se colocarán bancos, en caso de ser necesario, por el tipo de proceso o ubicación del taller de fundición, los vestidores contarán con regaderas para el aseo del personal.

Área para el manejo residuos: se deberá considerar en el manejo de la del taller, un área para el almacenamiento temporal de la basura y desechos generados en el establecimiento. Deberá cumplir con los requisitos sobre techo, piso y paredes. El viento dominante para evitar que posibles gases tóxicos se acarreen dentro del

establecimiento. El espacio para que el camión recolector pueda realizar las operaciones necesarias para retirar los residuos y desechos.

Área de Material y equipo para limpieza: se deberá disponer del material y equipo necesario para la limpieza y desinfección, el cual se utilizará y almacenará en esta área exclusivamente para ese fin; tanto el equipo y material de limpieza como el área de almacenamiento deberán estar señalados claramente. El área se mantendrá cerrada y los materiales sólo se podrán utilizar por personal capacitado. Se deberá contar con un programa de mantenimiento preventivo de todos los equipos que se utilicen en él. Deberá existir un área para el lavado de equipo, materiales y utensilios.

Área del comedor: en esta serán colocados mesones y sillas, un área provista de cocina, nevera, microondas y utensilios de cocinas. La ventilación e iluminación serán artificiales.

Almacenamiento: en esta área serán almacenados los productos terminados al finalizar la jornada de trabajo diaria, serán etiquetados y organizados según el número de facturación según el pedido, en caso de ser mercancía de stock, se colocara en un espacio relativamente separado de las piezas por pedidos.

Enfermería: debido a que algunas de las actividades realizadas dentro del proceso de producción, ponen en riesgo la integridad física del personal, es necesario contar con un área en la que existan artículos de primeros auxilios, principalmente de productos para quemaduras, golpes y heridas por cortaduras, entre otras.

Depósito de agua: este estará provisto de un tanque de agua de 5000 litros con tuberías para el suministro del agua en el taller, esto como medida de prevención, debido a las frecuentes fallas del servicio en la zona.

4.8.2. Área requerida para maquinaria y equipos.

Tabla N° 4.35. Área para material en espera.

Sección	Forma de almacenar	Fila x Columna x Montón	Área en espera (m ²)
Almacén de residuos del proceso	Piso	2 x 2 x 2	8
Almacén de mat. y suministros	Piso	5 x 4 x 1	20
Almacén de materia prima	Piso	3 x 5 x 4	60
Almacén de productos terminados	Piso	9 x 8 x 0,6	43,2
Total			131.2

Tabla N° 4.36. Área de secciones fijas.

Área	Espacio que ocupa (m ²)
Área de entrada y salida	460
Área de vigilancia	4
Área de Estacionamiento	280
Área de comedor	24
Área de baños	24
Área de servicios administrativos	48
Área de recepción	48
Área de Enfermería	30
Área de Limpieza y mant.	24
Área de carga y descarga	30
Total	972

Tabla N° 4.37. Resumen de espacio mínimo necesario para la planta.

Fuente: propia (2008).

Área	Espacio que ocupa (m ²)
Maquinaria y equipos	698,51
Material en espera	131,2
Secciones fijas	972
Total	1801,71

El galpón que se propone construir cuenta con un espacio físico de 2.410 m², y el área mínima requerida para maquinarias, equipos, material en espera y secciones fijas es de 1801, 71m², por lo tanto esta área satisface la necesidad del espacio.

La figura N° 4.54 muestra la propuesta de distribución de planta para el Taller de Fundiciones ALUMNOR C.A.

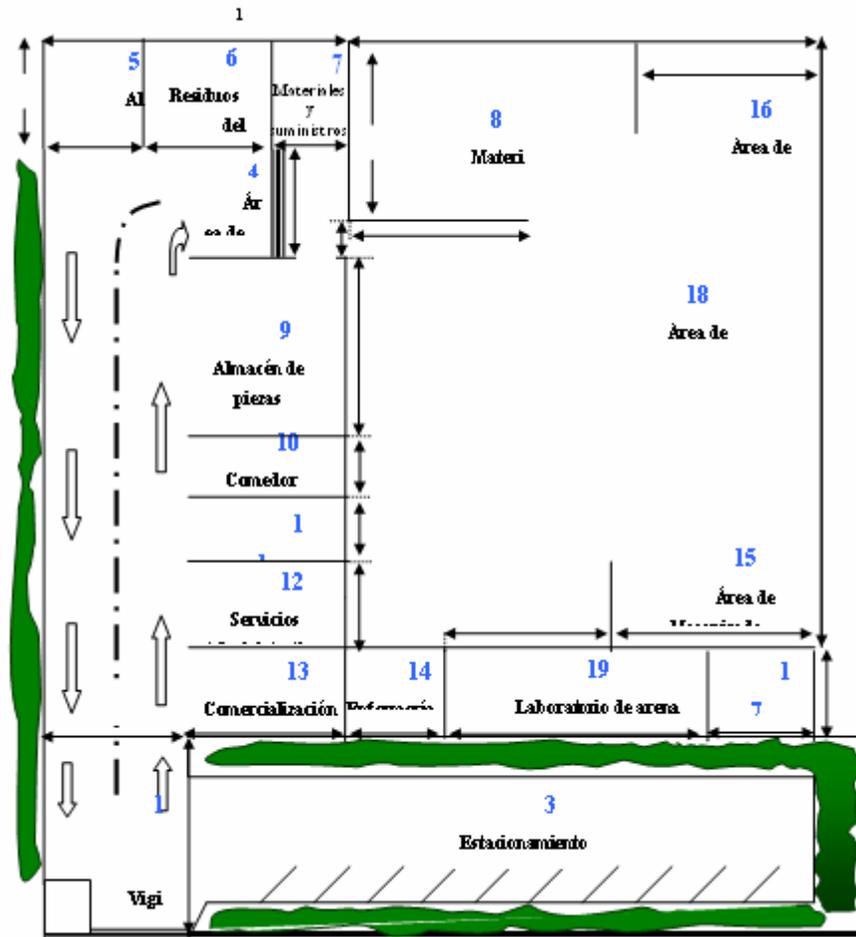


Figura N° 4.54. Propuesta de distribución de planta.

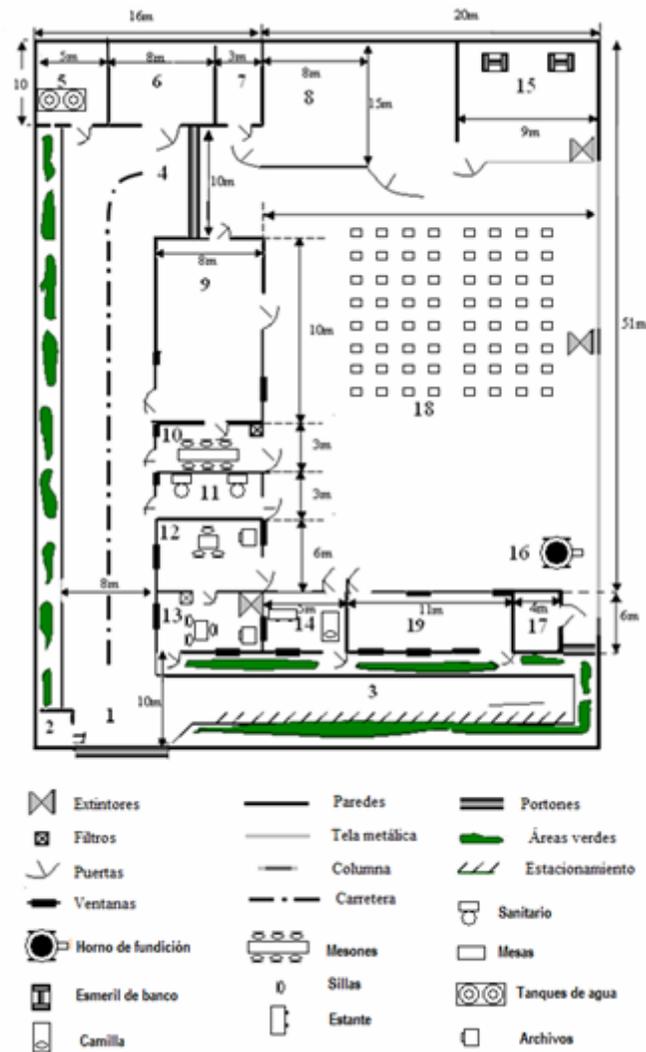


Figura N° 4.55. Propuesta de distribución de planta detallada.

Tabla N° 4.38. Propuesta de áreas internas del taller de fundiciones ALUMNOR.

Referencia	Denominación	Área (m ²)
1	Área de entrada y de salida	462
2	Área de vigilancia	4
3	Área de estacionamiento	280

4	Área de carga y descarga	30
5	Área almacén de agua	50
6	Área de almacén de residuos del proceso	80
7	Área de almacén de materiales y suministros	30
8	Área de almacén de materia prima	120
9	Área de almacén de productos terminados	80
10	Área de comedor	24
11	Área de baños	24
12	Área de servicios administrativas	48
13	Área de recepción	48
14	Área de enfermería	30
15	Área de mecanizado	67,5
16	Área de fundición	60
17	Área de limpieza y mantenimiento	24
18	Área de moldeo	660
19	Áreas de pasillos y vías de escape	112
Total		2.412

4.8.3 Relación entre las áreas.

A continuación se plantea una matriz diagonal, en la que se establece la importancia de la proximidad entre las áreas de mayor actividad en el taller, según la propuesta.

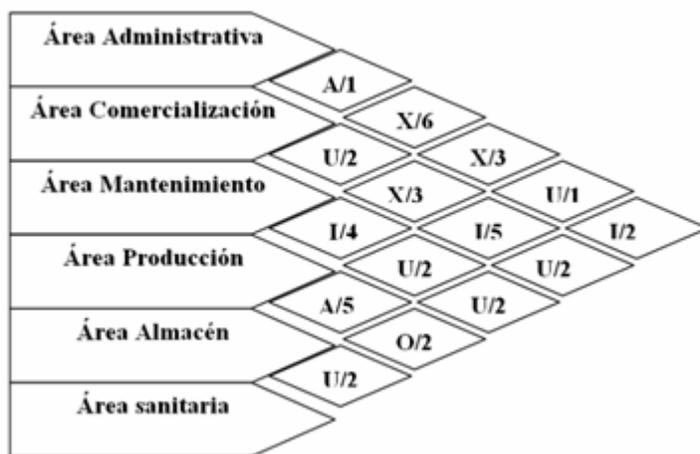


Figura N° 4.45. Matriz diagonal que establece la importancia de la proximidad de las áreas.

Fuente: propia (2008)

Tabla N° 4.39. Resumen de la importancia de la proximidad de las áreas

Valor	Proximidad	Código	Motivo
A	Absolutamente importante	1	Contacto personal
E	Especialmente	2	Facilidad de movimiento del personal
I	Importante	3	Ruidos, olores, molestia, etc.
O	Normal u ordinario	4	Facilidad de movimiento de equipo
U	Sin importancia	5	Facilidad de transporte del producto
X	No recomendable	6	Incomodidad

Según la matriz de relaciones, se pudieron identificar, áreas que deben estar próximas a otras, debido algunos factores, dentro de las más resaltantes encontramos:

Administración-Comercialización: Esta relación es importante porque en ella se realizan todos los trámites necesarios para la facturación, relación con los proveedores, y el manejo de los recursos financieros y humanos para el buen funcionamiento del taller.

Almacén-Producción: Es absolutamente importante que estas dos áreas se encuentren cerca, para que cuando se presente algún imprevisto en producción (falta de suministros, utensilios y materias primas o se dañe algún equipo) se le pueda informar de manera inmediata al área de almacén el cual se encargara surtir materiales y equipos necesarios para la fabricación de piezas en el área de producción.

Almacén-comercialización: Es importante la proximidad de ambas áreas, debido a que el área de almacén es quien genera los pedidos de materiales herramientas y equipos necesarios en la producción, de igual manera el área de los almacenes informan a el área de comercialización la cantidad de piezas terminadas existentes en el taller de tal manera que estas puedan ser puestas en el mercado de ventas.

Producción-mantenimiento: Su proximidad es importante, debido la necesidad que tiene el área de producción de mantenerse despejada y organizada, en cuanto a materiales u objetos que pudieran obstaculizar el tránsito en el área de fabricación de piezas, por ello la importancia del personal del mantenimiento se encuentre cerca de la misma.

4.9. Evaluación económica del proyecto, en función de la inversión y los costos asociados.

Tabla N° 4.40. Costos de maquinarias para el tratamiento de arena y fabricación de moldes.

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Precio Unitario Estimado (Bs.F)	Precio Totales (Bs.F)
Arena sílice	1.000 Kg.	2,35 por Kg	2.350,00
Desterronadora de dos aspás	1	4.515,00	4.515,00
Cribas de pie	2	600,00	1.200,00
Mezclador y amasadora de arena	1	8.500,00	8.500,00
Grúa aérea	1	1.200,00	1.200,00
Apisonador neumático	1	875,00	875,00
Total	5	-	18.640,00

Tabla N° 4.41. Costos de materiales para la fabricación del horno diseñado.

Descripción	Cantidad	Precios unitario (Bs.F)	Precios totales (Bs.F)
Crisol	1	2.250,00	2.950,00
Ladrillos refractarios (unidades)	70	19,50	1.365,00
Manta kaowool (rollo de 3,66m de largo, 0,61m de ancho y 0,05m de espesor)	8 rollos	350,00	2.800,00
Cemento refractario	65 kg	35,00	2.275,00

Lamina de acero AISI 1020 de 9,5mm de espesor y 1,40m x 2,80m	3	1.890,00	5.670,00
Ejes de acero AISI 1040 de 2 ½" de diámetro por 10" de largo	1	45,00	45,00
Eje de acero AISI 1040 de 6 ¼" de diámetro por 20" de largo	1	250,00	250,00
Rodamiento de rodillos (diámetro int. de 3 y 4 cm)	2	55,00	110,00
Rodamiento de rodillos (diámetro interno de 6cm)	2	65,00	130,00
Rodamiento de rodillos (diámetro interno de 16cm)	2	135,00	270,00
Barras redondas de acero AISI 1020, de 8,1 cm de diámetro	10 m	245,00	2.450,00
Juego de engranaje y piñón en acero AISI 1050	1	480,00	480,00

Tabla N° 4.42. Costos de materiales para la fabricación del horno diseñado
(continuación)

Descripción	Cantidad	Precios unitario (Bs.F)	Precios totales (Bs.F)
Cuñas de acero AISI 1040	2	45,00	90,00
Volante	1	175,00	175,00
Electrodos	10 kg	8,50	85,00
Quemador de premezcla	1	2.500,00	2.500,00

Corte y dobles de las láminas	3	850,00	2.550,00
Fabricación y ensamblaje del sistema basculante	1	4.500,00	4.500,00
Fabricación y ensamblaje del horno	1	8.500,00	8.500,00
Total		38.195,00	

Tabla N° 4.42. Costos de equipos necesarios para el vaciado del metal y desmoldeo de piezas.

Descripción	Cantidad	Precios unitario (Bs.F)	Precios totales (Bs.F)
Dispositivos de vaciado	1	190,00	190,00
Dispositivos liberador de moldes	4	43,75	175,00
Dispositivo de extracción de escoria	1	190,00	190,00
Total			555,00

Tabla N° 4.43. Costos de equipos utilizados para el mecanizado de piezas.

Fuente: propia (2008).

Descripción	Cantidad	Precio Unitario Estimado (Bs.F)	Precio Totales (Bs.F)
Esmeril de base anclada	1	1.350,00	1.350,00
Esmeril portátil	1	750,00	750,00
Lijadora manual	2	300,00	600,00

Cortadores eléctricos	2	150,00	350,00
Prensa neumática de base	2	150,00	480,00
Total			3.530,00

- Precio de maquinaria estimada según fuentes varias en el mercado.

Tabla N° 4.45. Costos de infraestructura.

Descripción	m ²	Precio Unitario (Bs.F/m ²)	Precio Total (Bs.F)
Terreno	3.000	-	Propio
Obra civil	2412	40.000	96.480,00
Material de construcción	2412	50.000	120.600,00
Total			217.080,00

- Precio estimado por el Ing. civil Leocadio Rodríguez CIV 42.372

Tabla N° 4.46. Costos de equipos auxiliares y otros. Fuente: propia (2008).

Descripción	Cantidad	Precio Unitario (Bs.F)	Precio Total (Bs.F)
Planta eléctrica	1	15.807,00	14.000,00
Aire acondicionado	3	850,00	2.550,00
Tanque de agua (5000 l)	2	750,00	1.500,00
Bomba	1	2.100,00	2.100,00
Filtros de agua	3	350,00	1.050,00
Vehículo camioneta TOYOTA HILUX	1	60.000,00	60.000,00

Máquina universal de ensayo	1	807,00	807,00
Compactadora típica de arena con sus partes indicadas	1	600,00	600,00
Total			83.007,00

- Precio varios del mercado

Tabla N° 4.47. Costos de equipo de higiene y seguridad. Fuente: propia (2008).

Descripción	Cantidad	Precios unitario (Bs.F)	Precios totales (Bs.F)
Guantes de de seguridad	12 pares	5,00	60,00
Calzado de seguridad	12 pares	110,00	1.320,00
Bragas de seguridad	12	87,00	1.044,00
Lentes de seguridad	6	58,00	348,00
Extintores	2	400,00	800,00
Total			3.608,00

- Equipos exigidos como requisitos de seguridad industrial, por la segunda revisión de las normas COVENIN 1997 CT-07

Tabla N° 4.48. Costo de mobiliario y equipos de oficina.

Fuente: propia (2008).

Descripción	Cantidad	Precio Unitario (Bs.F)	Precio Total (Bs.F)
Computadora	2	1.175,00	2.350,00

Escritorio ejecutivo	2	195,00	390,00
Silla ejecutiva	2	136,00	272,00
Silla visitante	2	60,00	120,00
Silla vigilante	1	30,00	30,00
Archivo de 4 gavetas	1	360,00	360,00
Teléfono fax	1	310,00	310,00

Tabla N° 4.48. Costo de mobiliario y equipos de oficina (continuación)

Descripción	Cantidad	Precio Unitario (Bs.F)	Precio Total (Bs.F)
Teléfono	1	60,00	60,00
Artículos de papelería			1.100,00
Total			6.549,00

- Precios varios del mercado.

Tabla N° 4.49. Presupuesto de la inversión inicial.

Fuente: propia (2008)

Descripción	Inversión (Bs.F)
Activos Fijos	
Maquinaria y equipos	48.578,00
Mobiliario y equipos de oficina	6.549,00
Equipos auxiliares y otros	83.007,00
Infraestructura	217.080,00
Costo de fabricación e instalación de maquinaria	15.900,00
Total activos fijos	371.114,00
Activos Diferidos	

Imprevistos (2% Activos Fijos)	3.890,68
Gastos legales (1% Activos Fijos)	1.945,34
Seguros e impuestos (1,1% Activos Fijos)	2.139,87
Total de activos diferidos	7.975,89

Tabla N° 4.50. Costos de Salarios.

Fuente: propia (2008).

Cargo	Cantidad	Monto Unitario(Bs.F/mes)	Monto Total (Bs.F/mes)	Monto Total (Bs.F/año)
Gerente y Supervisor de Proceso	1	1.750,00	1.750,00	21.000,00
Asistente ejecutivo	1	660,00	660,00	7.920,00
Operador	4	660,00	2.640,00	31.680,00
Vigilante	1	660,00	660,00	7.920,00
Mantenimiento	1	660,00	660,00	7.920,00
Chofer	1	660,00	660,00	7.920,00
Total	9	-	7.030,00	84.360,00

Tabla N° 4.51. Mantenimiento de maquinaria (4% adquisición de equipos).

Fuente: propia (2008).

Descripción	Costos
Maquinaria y equipos	48.578,00
Equipos auxiliares y otros	83.007,00
Costo total de maquinas y equipos	131.585,00
4% Sub-total	5.263,40

Tabla N° 4.52. Cuadro resumen de los costos de mantenimiento y salarios.

Costos Fijos	Monto (Bs.F/mes)	Monto (Bs.F/año)
Costos de salarios	7.030,00	84.360,00
Costo de mantenimiento	438,61	5.263,40
Depreciación	9.868,87	118.426,50
Total	17.337,48	208.049,90

- Depreciación 15%

Los cálculos referidos a la tabla 4.49 se muestran en el anexo B-4.

Tabla 4.53. Servicios básicos necesarios.

Descripción	Monto (Bs.F/mes)	Monto (Bs.F/año)
Energía eléctrica	300,00	3600,00
Agua	30,00	360,00
Teléfono	150,00	1.800,00
Total	480,00	5.760,00

- Estimación propia en referencia a recibos del taller.

Tabla N° 4.54. Gastos varios de mantenimiento.

Concepto	Consumo mensual	Precio (Bs.F/unidad)	Precio total (Bs.F/mes)	Precio total (Bs.F/año)
Detergentes	3	5,00	15,00	180,00
Escobas	1	8,00	800	96,00
Total	-	-	23,00	372,00

Tabla N° 4.55. Costos para materia prima.

Fuente: propia (2008).

Descripción	Cantidad de Materia Prima (Kg/semanal)	Precio Unitario (Bs.F/kg)	Monto (Bs.F)	Monto (Bs.F/año)
Aluminio	900	3,50	1.134,00	3.265,92

Tabla N° 4.56. Costo de insumos.

Fuente: propia (2008).

Descripción	Tarifa fija (Bs.F/mensual)	Monto (Bs.F/año)
Gas natural directo	15	1.800

Tabla N° 4.59. Cuadro resumen de la clarificación de costos operativos proyecto.

Fuente: propia (2008).

Concepto	1	2	3	4
+ Ingresos	819.528,00	819.528,00	819.528,00	819.528,00
Costos de operación ²	214.181,90	214.181,90	214.181,90	214.181,90
total	1.129.259,00	1.129.259,00	1.129.259,00	1.129.259,00

- costos asociados al proyecto en un lapso de 4 años.

A continuación se presentan los ingresos y egresos de efectivo que generara el proyecto en 6 meses. Los cálculos referidos a los resultados mostrados en la tabla 4.54 se encuentran en el anexo B-4.

Tabla N° 4.60. Flujo de caja efectivo del proyecto. Fuente: propia (2008).

Concepto	1	2	3	4
+Ingresos	819.528,00	819.528,00	819.528,00	819.528,00
- C. producción	394.063,40	394.063,40	394.063,40	394.063,40
- C. ² administración	84.360,00	84.360,00	84.360,00	84.360,00
+ Depreciación ⁴	118.426,5	118.426,5	118.426,5	118.426,5
FNE	459.531,10	459.531,10	459.531,10	459.531,10

INVERSIÓN INICIAL

Costo de la inversión inicial = 907.927,9 Bs.F

➤ Cálculo del valor presente neto (VPN)

El VPN es el valor que resulta de restar la suma de los flujos, descontados de la inversión inicial.

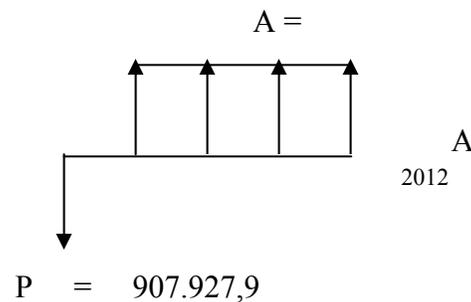


Figura N° 4.46. Diagrama de flujo de caja del proyecto

Fuente: propia (2008).

➤ Valor presente de la inversión

Para ello se utilizó una tasa de interés de 12 % (tasa mayor exigida por uno de los organismos públicos de financiamiento (FONCREI), además se tomo como base los posteriores 4 años de la puesta en marcha del proyecto para realizar el Diagrama de Flujo de Caja que se mostró anteriormente.

$$\text{VPN} = 487.828,59 \text{ Bs.F}$$

Dado que el valor presente neto es mayor que cero $\text{VPN} > 0$ Para los 4 años proyectados, el proyecto de inversión se considera económicamente rentable. Para la

puesta en marcha del proyecto contamos con BANDES como fuente de financiamiento ya que cubre la inversión inicial calculada.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El estudio de la situación actual del taller, constató que el espacio físico utilizado para la fabricación de piezas, ocupa tan sólo el 26 % del área total del taller.
- El estudio de mercado identificó la demanda estimada de los siguientes 4 años; e indicó que en el 2009 se generará un ingreso anual aproximado por ventas de aluminio de 706.406,4 BsF a nivel estatal el cual incrementará en función del aumento de la inflación y del PIB.
- Se necesita de la contratación de mínimo 5 empleados para llevar a cabo las actividades de producción propuestas, según la estructura organizativa diseñada.
- Se estima que el proceso propuesto de fabricación de piezas, reduzca el tiempo de producción, y aumente la cantidad de piezas a fabricar.
- Se proponen reglamentos de higiene y seguridad, que generaren un ambiente laboral seguro disminuyendo los accidentes en las instalaciones.
- El horno diseñado aumentaría la producción en un 500 % desde el momento de la puesta en marcha de esta propuesta de diseño.
- Los costos de insumos mensuales (gas natural directo) se reducirían de 27 BsF a 15 BsF.

- Se estima que la arena de moldeo acondicionada, reduzca los defectos de forma y superficie que presentan las piezas en la actualidad.
- Se estima que los dispositivos de tratamiento y manejo para la arena, seleccionados, reduzcan el tiempo de operación dentro del proceso de fabricación.
- Los costos se presentan de manera global, pues no se realizó la discriminación de costos por partidas para la construcción de las instalaciones propuestas para el taller.
- El proyecto es rentable, y no existe impedimento técnico para su puesta en marcha.
- La inversión inicial es de 907.927,9 BsF; cifra que podrá ser recuperada en un lapso de 3 años, teniendo en cuenta que el taller estaría laborando a un 70% de su capacidad máxima.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un análisis de oferta y demanda insatisfecha para complementar el estudio de mercado, tomando en cuenta los datos a nivel regional en pro de la expansión de los mercados de consumo del taller.
- Se recomienda realizar un estudio de carga de trabajo que sustente la contratación de los nuevos empleados propuestos, en la estructura organizativa diseñada para el taller.

- Los estudios de tiempos generan una base sobre la cual pueda plantearse la mejora de los procesos productivos, por lo que es recomendable realizar un estudio de tiempo al proceso de producción propuesto para el taller ALUMNOR C.A.
- Se recomienda, poner en marcha planes de capacitación y adiestramiento para el nuevo personal, así como también la utilización de manuales de higiene y seguridad industrial, para talleres de fundición.
- Se recomienda crear planes de mantenimiento preventivo, para las maquinarias y equipos en especial el horno diseñado.
- Se recomienda realizar periódicamente pruebas de compresión y corte en verde a la arena utilizada, para así verificar sus propiedades.
- Se recomienda el mantenimiento mensual de los dispositivos para el acondicionamiento de la arena.
- Se recomienda realizar una discriminación de costos por partidas para implementar el diseño de instalaciones propuestas.
- Se recomienda constatar los requisitos y realizar los trámites legales y bancarios que aceleren el financiamiento para la puesta en marcha de este proyecto.
- Se recomienda realizar una planificación de agregada de producción, para aumentar los ingresos del taller.
- Se recomienda innovar en otros métodos de fabricación de piezas en aluminio, como la de matriz y coquilla.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

[1] Capello E., “Tecnología de la Fundición”, Editorial Gustavo Gili, S.A., Segunda edición, Barcelona, España.

[2] Taylor H. y Fleming M. C., “Fundiciones Para Ingenieros”, Editorial continental, 2da edición, Ciudad de México D.F. (1982)

[3] De la Poza J., “Hornos para Fundir Metales y sus Aleaciones”, Editorial Oikostau, Primera edición, Barcelona, España. (1994).

[4] [HTTP://WWW.SVIP.ORG/FILES/ELPOZOILUSTRADO.PDF](http://www.svip.org/files/elpozoilustrado.pdf)

[5] Karlekar B., “Transferencia de Calor”, Editorial Interamericana, Segunda edición, D.F. México (1985).

[6] [HTTP://WWW.CORALSAS.NET/DOCSHTM/C121_1_KAOWOOL.HTM](http://www.coralsas.net/docshtm/c121_1_kaowool.htm)

[7] [HTTP://WWW.ACEROINOXIDABLE.COM.MX/LAT/LATON.HTML](http://www.aceroinoxidable.com.mx/lat/laton.html)

[8] Muther,R., “Distribución en planta”, Tercera edición. Editorial Mc.Graw-Hill. Barcelona, España (1977)

[9] Gutiérrez H., “Calidad Total y Productividad”, Editorial McGraw Hill, (1997)

BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL

- Rojas, C., “Manual para la presentación del proyecto y de la tesis de Pre-grado en ingeniería” (1998).
- Dileep S., “Instalaciones de Manufactura”. Editorial Thomson Learning, Segunda edición (2001).
- Johnston R., y Dewolf J., “Mecánica de los Materiales”, Editorial Mc Graw Hill, Tercera edición, D. F. México (2004).
- Chiavenato I., “Gestión del talento humano”, Editorial Mc Graw Hill, Primera edición, Bogota, Colombia (2002)
- Shigley E. y Uiker J., “Teoría de Maquinas y Mecanismos”, Editorial Mc Graw Hill, Traducción de la primera edición en ingles. México. 2001.
- Mott R., "Diseño de Elementos de Máquinas", Tercera edición, Prentice Hall.
- Valero M., “Redistribución de las instalaciones del llenadero de la planta de distribución Puerto la Cruz PDVSA, manufactura y mercadeo” (1999)

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**

TÍTULO	DISEÑAR UN TALLER DE FUNDICIONES DE ALEACIONES DE ALUMINIO, PARTIENDO DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES DEL TALLER ARTESANAL ALUMNOR C.A
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Calderon N., Carolina.	CVLAC: 16.313.663 E MAIL: calderonarvaez@hotmail.com
Fuentes A., Nataly C.	CVLAC: 15.934.300 E MAIL: natalyc_fuentes@hotmail.com

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

FUNDICIÓN

DISEÑO DE PLANTA

DISTRIBUCIÓN

EVALUACION ECONÓMICA

HORNO A GAS NATURAL

ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÀREA	SUBÀREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	
	Ingeniería Mecánica
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	
	Ingeniería Industrial

RESUMEN (ABSTRACT):

El objetivo principal de este trabajo es diseñar el taller de fundiciones de aleaciones de aluminio ALUMNOR C.A, partiendo de las estructuras existentes en el mismo, en función de la satisfacción de la demanda de utensilios de cocina de la zona nor-oriental del estado Sucre, cumpliendo con las normas de higiene y seguridad industrial de Venezuela. Para alcanzar este objetivo se realizó un diagnóstico de la situación actual del taller, donde se recopiló información referente al espacio físico, distribución de equipos, recurso humano y condiciones de trabajo presentes en el mismo. se llevó a cabo el estudio de factibilidad y rentabilidad de este proyecto, donde la demanda estimada de los siguientes 4 años; será de 19.225,87 kilogramos de aluminio por año, lo que generara los ingresos para recuperar la inversión.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
Luis Martínez	CVLAC:	8.499.616			
	E_MAIL	Luismart56@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
José Luis Ríos	CVLAC:	18.114.777			
	E_MAIL	Joeluis_19@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
Francisco Julián Osorio	CVLAC:	16.816.019			
	E_MAIL	Franciscoj5000@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
Luis Beltrán Alcoba Enis	CVLAC:	528.644			
	E_MAIL	luisalcobaenis@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2009 AÑO	01 MES	26 DÍA
-------------	-----------	-----------

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. Diseñar un taller de fundiciones de aleaciones.doc	Application/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H
I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u
v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE:

ESPACIAL: Ingeniería de Procesos (OPCIONAL)

TEMPORAL: 8 meses (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Mecánico

Ingeniero Industrial

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Mecánica

Departamento de Industrial

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente- Núcleo Anzoátegui

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**DERECHOS**

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajo de grado:
“Los trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario.

AUTOR**CALDERÓN CAROLINA****AUTOR****FUENTES NATALY****TUTOR****MARTÍNEZ LUIS****JURADO****MILLAN ISOLINA****JURADO****LÓPEZ GLORYS****POR LA SUBCOMISION DE TESIS****DELIA VILLARROEL**