



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO**

**EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y PROPUESTA DE
REEMPLAZO DE LOS ACTUALES CASCOS DE LAS CELDAS
ELECTROLÍTICAS P-19 EN EL ÁREA DE REDUCCIÓN DE
VENALUM**

U
N
E
X
P
O

TUTOR INDUSTRIAL:

Ing. Abrahan Rodríguez

TUTOR ACADÉMICO:

MSc. Ing. Iván Turmero

AUTORA:

Carmen V. Suniaga M.

CIUDAD GUAYANA, MAYO DEL 2016

The image features a large, light purple watermark of the UNEXPO logo. The logo consists of a stylized, multi-pointed starburst or fan shape on the left, and the letters 'U', 'N', 'E', 'X', 'P', 'O' stacked vertically on the right. The text of the title is centered over this watermark.

**EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y PROPUESTA DE
REEMPLAZO DE LOS ACTUALES CASCOS DE LAS
CELDA ELECTROLÍTICAS P-19 EN EL ÁREA DE
REDUCCIÓN DE VENALUM**



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y PROPUESTA DE
REEMPLAZO DE LOS ACTUALES CASCOS DE LAS CELDAS
ELECTROLÍTICAS P-19 EN EL ÁREA DE REDUCCIÓN DE
VENALUM**

Trabajo de Grado que se presenta ante el Departamento de
Ingeniería Industrial de la UNEXPO Vice-Rectorado Puerto Ordaz
como parte de los requisitos para optar al Título de Ingeniero
Industrial.

Ing. Abraham Rodríguez

Tutor Industrial

MSc. Ing. Iván Turmero

Tutor Académico

Ciudad Guayana, Mayo del 2016

Carmen Verónica Suniaga Mujica

Evaluación del Funcionamiento y Propuesta de Reemplazo de los Actuales Cascos de las Celdas Electrolíticas P-19 en el Área de Reducción de Venalum

“149” Pág.

Trabajo de Grado

Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”.

Vice- Rectorado Puerto Ordaz

Departamento de Ingeniería Industrial

Tutor Académico: Msc. Ing. Iván Turmero

Tutor Industrial: Ing. Abraham Rodríguez

Capítulos: I. El Problema. II. Generalidades de la empresa. III Marco Teórico. IV. Marco Metodológico. V. Situación Actual. VI Análisis y Resultados Conclusiones. Recomendaciones. Apéndices. Anexos Bibliografía.

Ciudad Guayana, Mayo del 2016.

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ACTA DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, miembros del jurado evaluador designados por la Comisión de Trabajo de Grado del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”, Vicerrectorado Puerto Ordaz, para evaluar el Trabajo de Grado presentado por la ciudadana: **CARMEN VERÓNICA SUNIAGA MUJICA** portadora de la Cédula de Identidad N° **V-20.373.005**, titulado: **EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y PROPUESTA DE REEMPLAZO DE LOS ACTUALES CASCOS DE LAS CELDAS ELECTROLÍTICAS P-19 EN EL ÁREA DE REDUCCIÓN DE VENALUM**, consideramos que este cumple con los requisitos exigidos para tal efecto y por lo tanto lo declaramos **APROBADO**.

En Ciudad Guayana, a los 13 días del mes de Mayo de dos mil dieciséis.

Ing. Abraham Rodríguez
Tutor Industrial

MSc. Ing. Iván Turmero
Tutor Académico

Ing. María Lourdes Bermúdez
Jurado Evaluador

Ing. Emerson Suarez
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A mi Dios todopoderoso

A mi familia, las personas más maravillosas que conozco y los seres que me hacen sentir tan afortunada

Mis Padres, Aníbal y Elíizabeth

Mis Hermanos, Aníbal y Gabriela

A mi Abuela, Irma

Mis queridos tíos, Julieta, Danny, Marcos, Iraima, Yamila, Orlando, Gregoris y Haidee

Mis pequeños Tesoros, Danny Miguel, Drihana, Juan Pablo, María Laura, Samuel, Elio y Angel.

A Mi Novio Juan Carlos

Mis Abuelos y Ángeles de la guarda, Petra, Rosa y Orlando, amiga y siempre recordada Marianela.

A ustedes Dedico este Logro!!!

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** por derramar su bendición sobre mí y brindarme su protección. Por llenarme de paciencia y sabiduría para salir victoriosa de cada obstáculo y acercarme cada vez más a mi gran meta.

A mi Familia; Especialmente a mi madre **Elízaeth Mujica** por darme la vida y por su amor incondicional, por siempre estar ahí en los momentos buenos y no tan buenos, por ser mi mejor amiga y consejera. Por tenerme esa eterna paciencia y criarme con tanta dedicación y cuidados. Sin Ti, no estaría donde estoy. Mi padre **Aníbal Gómez**, por su completa entrega y dedicación a nuestra familia. Por sus enseñanzas de vida y por ser el mejor padre que Dios pudo colocar en mi camino. A mi hermano **Aníbal** por ser mi más fiel compañía, mi abuela **Irma Valerio**, por cuidarme y consentirme desde siempre. A mi Tía **Julieta Riveras** por brindarme su más sincera amistad y apoyo, mi Tío **Danny Valerio**, por entenderme y compartir sus conocimientos conmigo. Por estar siempre cuando lo necesito y nunca colocar peros.

A mi novio **Juan Carlos**, por estar siempre allí y soportarme cuando nadie más lo hacía. Por tu amor y compañía incondicional. Eres mi Calma!

A mis Grandes Amigos **MarieneL, Leonardo, Paúl, Mariangelica, Juancho, Johann.Li, Samira y José R**, por darme su amistad y apoyo con el pasar de los años, porque siempre puedo contar con ustedes.

A mis Compañeros y Amigos que con tantos buenos y malos momentos vividos se convirtieron en familia y apoyo, **Geroneidy, Raicelys, Geraldin, Julitza, Jhoandrys, Ronald, Christian, Mariana, Rhina, Lucciano y Gabriel**.

Una persona que Dios colocó en mi camino y de una manera u otra ha aportado su granito de arena en el cumplimiento de esta meta, el Sr. **Pablo Vanegas**.

A Mi Tutor Académico **MSc. Ing. Iván Turmero** quien considero es una de las personas más sabias que he conocido. Por aclarar mis dudas, guiarme y brindarme sus conocimientos.

Mi Tutor Industrial **Ing. Abrahan Rodríguez**, por creer en mí y darme la oportunidad de realizar mi trabajo de grado a su lado, por sus sabios consejos y apoyo en todo momento.

Gracias a la empresa **Venalum** por permitirme llevar a cabo este trabajo en sus instalaciones. Al departamento de **Higiene y Seguridad Laboral** de la empresa, especialmente a la Ing. **Marggi Pulido**.

Especialmente gracias a la **UNEXPO** – Vicerrectorado Puerto Ordaz, por ser mi casa de estudios y a cada uno de los **Profesores** que han contribuido a mi formación profesional.

A todos, Gracias!

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y PROPUESTA DE REEMPLAZO DE
LOS ACTUALES CASCOS DE LAS CELDAS ELECTROLÍTICAS P-19 EN EL
ÁREA DE REDUCCIÓN DE VENALUM**

Autora: Carmen Verónica Suniaga Mujica
Tutor Académico: MSc. Ing. Iván Turmero
Tutor Industrial: Ing. Abrahan Rodríguez
Fecha: Mayo 2016

RESUMEN

El presente trabajo consistió en el análisis del funcionamiento y propuesta de reemplazo de los actuales cascos de celdas P-19 basado en una metodología descriptiva. Este estudio fue realizado apoyado en una investigación del tipo proyecto de reemplazo, el cual surge en respuesta a las necesidades que presenta el área de Reducción de VENALUM, y con el cual se desea destacar los beneficios operativos e igualmente lograr percibir una idea a cerca de la disminución de los costos asociados al mantenimiento, que representaría la construcción y puesta en marcha de un nuevo prototipo de casco. La recolección de información se realizó empleando técnicas como la observación directa y entrevistas no estructuradas; con estos datos se identificó la situación actual en el área de Celdas P-19, con la finalidad determinar entre otros elementos, los factores de riesgos que se encuentra presentes en dicha área. Igualmente, con el estudio se determinaron los requerimientos de materiales, equipos y mano de obra necesaria para la fabricación y el monto de la inversión correspondiente. Por último se realizó una propuesta de reemplazo de la estructura original de los cascos considerando que es la alternativa más favorable para la empresa.

Palabras claves: Celdas P-19, Proyecto de Reemplazo, Metodología Evaluativa, Prototipo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN	IX
ÍNDICE GENERAL	X
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
ÍNDICE DE GRÁFICAS	XVI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA	
Planteamiento del Problema	3
Objetivos	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
Alcance	6
Delimitaciones	6
Justificación e Importancia	7
CAPÍTULO II. GENERALIDADES LA EMPRESA	
La empresa	8
Reseña Histórica	8
Venalum, Hoy	9
Espacio Físico	10
Ubicación Geográfica	10
Proceso Productivo	11
Productos Elaborados	12
Tipo de Mercado	13
Filosofía de Gestión	13
Misión	13
Visión	13
Objetivos Estratégicos	14
Políticas de la empresa	14
Productividad y Rentabilidad	14
Comercial	15
Calidad	15
Social	15
Ambiental	15
Desarrollo	16
Valores y creencias	16
Ámbito Personal	16
Ámbito de Gestión	17
Ámbito Social	17
Ámbito de Productividad y Calidad	17
Ámbito Ambiental	18
Ámbito Comunicacional	18

Funciones	18
Instalaciones y Áreas Básicas	19
Planta Carbón	19
Molienda y Compactación	20
Planta de Reducción de Aluminio	20
Planta de Colada	21
Estación de Baño	21
Envarillado	21
Instalaciones Auxiliares	22
Mantenimiento	22
Laboratorio	22
Muelle	22
Planta de Tratamiento de Humos (FLAKT)	23
Sala de Celdas	23
Tecnología Reynolds P-19. Alimentación Puntual	23
Tecnología Hydro Aluminium	24
Tecnología V-350	24
Estructura Organizativa	25
Descripción de Área de Trabajo	29
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	
Descripción del Proceso de Reacondicionamiento de Celdas P-19	31
Reparación Mayor de Cascos de Celdas	33
Sistema Mecánico	33
Sistema de Anclaje	34
Higiene y Seguridad Laboral	34
Fuentes generadoras de factores de Riesgo	34
Evaluación de los factores de Riesgos	36
Equipos y materiales utilizados para la evaluación de los factores de riesgo	36
Equipos y materiales para cuantificar niveles de ambiente térmico	36
Equipos y materiales para cuantificar niveles de polvo	36
Criterio de evaluación de los factores de riesgo (Normas Venezolanas COVENIN)	36
Estudio Económico	37
Pasos para realizar un Estudio Económico	37
Ingeniería Económica	38
Criterio De Decisión	38
Índices De Rentabilidad	38
Valor Presente Neto (VPN)	39
Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE)	40
Análisis De Reemplazo De Activos Físicos	41
Fundamentos del análisis de reemplazo	42
Terminología empleada en el análisis de reemplazo	42
Análisis de los Precios Unitarios (APU)	43
Elementos del Análisis de Precio Unitario	44
Ventajas de los contratos por Precios Unitarios	45
Desventajas de los contratos por precios unitarios	46
Formato de Precios Unitarios	46
Materiales	47

Equipos	48
Mano de Obra	49
Costos Indirectos	49
Diagrama Causa – Efecto	51
Esquema básico de un diagrama Causa – Efecto	51
Análisis FODA	52
Glosario de Términos	53
CAPÍTULO IV. DISEÑO METODOLÓGICO	
Tipo de Investigación	55
Diseño de la Investigación	55
Población y Muestra	56
Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	57
Materiales y Equipos	58
Procedimiento Metodológico	59
CAPÍTULO V. SITUACIÓN ACTUAL	
Descripción de Proceso	61
Superestructura	63
Sistema Catódico	63
Casco de Acero	64
Desgaste presente en el Casco actual	65
Diagrama Causa – Efecto de los factores que intervienen en el deterioro de la estructura actual de los Cascos	67
Prototipo de Casco de celda P-19	69
Matriz FODA	69
Representación de Matriz FODA	71
Área de Reducción I	72
Factores de Riesgo en el Área de Reducción I	72
Valores límites permisibles de los Factores de Riesgo establecidos en las respectivas Normas Venezolanas COVENIN	73
Situación actual de la cuantificación de Factores de Riesgos presentes en Reducción I	76
Diagramas de procesos de producción actual en el departamento de reacondicionamiento catódico	79
Descripción del proceso de producción actual en el departamento de reacondicionamiento catódico complejo I (P-19), Venalum	85
CAPÍTULO VI. ANALISIS Y RESULTADOS	
Influencia de la deformación del casco en el funcionamiento de la celda	89
Factores de Riesgo	92
Monitoreo Ambiente Térmico	92
Monitoreo Polvo Ambiental	93
Monitoreo de Fluoruros Totales	93
Variación de los Costos de reparación de los actual Casco P-19	94
Modelo Económico – Financiero	98
Análisis de Precios Unitarios (APU)	98
Evaluación Económica y Análisis de las Alternativas	102

Beneficios Cualitativos de la Fabricación de Prototipo de Casco P-19	105
Propuesta de Reemplazo	106
Análisis de Reemplazo mediante Matriz FODA	107
CONCLUSIONES	113
RECOMENDACIONES	115
FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	119
FUENTES INSTITUCIONALES	120
FUENTES ELECTRÓNICAS	121
APÉNDICES	123
ANEXOS	127

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
N° 1	División de la Empresa	10
N° 2	Factores de Riesgo	35
N° 3	Valor Presente Neto	39
N° 4	Costo Anual Uniforme Equivalente	40
N° 5	Encabezado de formato de APU	46
N° 6	Formato de Materiales APU	47
N° 7	Formato de Quipos APU	48
N° 8	Formato Mano de Obra APU	49
N° 9	Formato de costos indirectos APU	49
N° 10	Matriz FODA	71
N° 11	Valores límites Permisibles (Ambiente Térmico)	73
N° 12	Valores límites Permisibles (Polvo)	73
N° 13	Valores límites Permisibles (Fluoruros totales)	73
N° 14	Valores límites Permisibles (Iluminación)	74
N° 15	Valores límites Permisibles (Ruido)	74
N° 16	Valores límites Permisibles (Radiaciones no ionizantes)	75
N° 17	Monitoreo de Ambiente Térmico	76
N° 18	Monitoreo Polvo Ambiental	77
N° 19	Monitoreo Fluoruros Totales	78
N° 20	Retiro de Superestructura	86
N° 21	Reacondicionamiento de Superestructura	86
N° 22	Retiro de Cátodo	86
N° 23	Reacondicionamiento del Cátodo	87
N° 24	Montaje del Cátodo y Superestructura	87
N° 25	Ensamble de Bloques	88
N° 26	Cuantificación H-H (Reparaciones menores)	96
N° 27	Costo Mano de Obra (Reparaciones menores)	96
N° 28	Cuantificación H-H (Reparaciones mayores)	97
N° 29	Costo Mano de Obra (Reparaciones mayores)	97
N° 30	Encabezado del Análisis de Precios Unitarios	98
N° 31	Desglose de Materiales para la construcción de Prototipo	99
N° 32	Equipos para la construcción de prototipo	100
N° 33	Mano de Obra para la construcción de prototipo	101
N° 34	Costo de Fabricación de Prototipo	102
N° 35	Resultados de CAUE	104
N° 36	Comparación de Alternativas	107
N° 37	Matriz FODA Propuesta	109

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
N° 1	Ubicación de la Empresa	10
N° 2	Proceso Productivo de VENALUM	12
N° 3	Organigrama General	29
N° 4	Organigrama Investigación y Desarrollo	30
N° 5	Representación esquemática de una celda electrolítica.	62
N° 6	Superestructura celda P-19	63
N° 7	Sistema Catódico	63
N° 8	Casco de acero de las celdas P-19	64
N° 9	Casco de acero de las celdas P-19	64
N° 10	Casco original de celda P-19 y sus partes en el deterioro de la estructura actual de los Cascos	65
N° 11	Casco Deformado P-19	65
N° 12	Diagrama Causa - Efecto	67
N° 13	Mapa de área de Reducción	72
N° 14	Desmontaje de Celdas P-19	80
N° 15	Reacondicionamiento de Superestructura P-19	81
N° 16	Reacondicionamiento de Cátodo	82
N° 17	Ensamblajes De Bloques Catódicos	83
N° 18	Montaje de Celda P-19	84
N° 19	Descripción del proceso general de producción actual P-19	85
N° 20	Celda P-19, fuera de servicio	90
N° 21	Celda P-19, con tapas laterales	90
N° 22	Celda P-19, sin tapas laterales	90
N° 23	Celda P-19, tapas laterales dañadas	91
N° 24	Diagrama Procesos Reparación de casco	95
N° 25	Flujo de caja (Alternativa "A")	103
N° 26	Flujo de caja (Alternativa "B")	104

ÍNDICE DE GRÁFICAS

		Pág.
N° 1	Valor Presente Neto	40
N° 2	Valor de Exposición Máxima (Ambiente Térmico)	92
N° 3	Valor de Exposición Máxima (Polvo Total)	93
N° 4	Valor de Exposición Máxima (Fluoruros totales)	94

INTRODUCCIÓN

Venalum es una empresa encargada de la producción y comercialización de aluminio primario en diversas formas con fines de exportación. La producción de aluminio primario se lleva a cabo en celdas electrolíticas, utilizando como materia prima alúmina y aditivos químicos.

Hoy día, Venalum se encuentra en la búsqueda de la optimización de sus procesos productivos a través de la reducción de los costos bajo estrictos regímenes de seguridad y cuidados al ambiente. Para ello, las diferentes unidades que conforman la empresa deben proponer proyectos ejecutables a corto, mediano y largo plazo a todas aquellas áreas que así lo requieran, a fin de mejorar la calidad de los procesos y servicios prestados.

En la actualidad, todos los proyectos requieren una base que los justifiquen, dicha base es precisamente un proyecto bien estructurado y estimado. Por lo tanto el objetivo principal de este estudio fue evaluar el sistema y condiciones con que actualmente operan los cascos de celdas P-19 y realizar una propuesta de reemplazo de los mismos, con la finalidad de apoyar a los proyectos de mejoras antes mencionados y aumentar así los beneficios cuantitativos para la empresa.

La metodología de evaluación y la forma de presentación de los resultados del trabajo están elaborados siguiendo los lineamientos establecidos por la División Ingeniería Económica, los cuales se basan en desarrollar para cada inversión: objetivo, metodología, situación actual, costos, situación propuesta, conclusiones y recomendaciones. Durante la realización del estudio se efectuaron diferentes entrevistas no estructuradas al personal relacionado con el tema de estudio, además de visitas al área

industrial para realizar inspecciones, recopilar y avalar los datos; todo esto con el fin de obtener la información necesaria para llegar al resultado esperado.

El **Capítulo I** está conformado por el planteamiento y formulación del problema, objetivo general, objetivos específicos, la justificación e importancia, así como el alcance y limitaciones del estudio. **En el Capítulo II** se detallaron las generalidades de la Corporación Venezolana del Aluminio, (VENALUM). **El Capítulo III** está definido por el marco teórico. En el **Capítulo IV** se especificó el tipo de investigación y diseño metodológico empleado en el estudio. Para el Capítulo V se definió la situación actual y en el **Capítulo VI** se plasmaron los resultados obtenidos de la investigación. Por último se tienen las conclusiones, recomendaciones, bibliografías apéndice y anexos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

El problema científico forma parte de la relación problema - investigación - solución. Esto significa que el problema se concibe porque se está seguro que mediante una investigación se llegará a su solución. El vocablo *Problema* designa una dificultad que no puede ser resuelta de forma automática sino que requiere de un grupo de acciones encaminadas hacia ese fin.

En el presente capítulo se describen entre otros puntos el planteamiento del problema, el alcance, delimitación y los objetivos del estudio, los cuales, permitieron dar inicio al proceso de investigación.

1.1. Planteamiento del Problema

VENALUM es una empresa del estado venezolano, la cual se dedica al procesamiento, comercialización y venta de aluminio primario y sus aleaciones en diferentes formas y tamaños como son: Lingotes, Pailas, Cilindros, etc.; destinados a la exportación e importación.

Existen áreas que desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de la Planta Industrial, como son: Planta de Carbón, Planta de Reducción, Planta de Colada e instalaciones auxiliares. En el área de reducción electrolítica, se produce el aluminio primario mediante el proceso Hall Heroult, el cual consiste en retirar el oxígeno de la alúmina, disuelto en un baño electrolítico y bajo los efectos de una corriente eléctrica directa. Esta

área está conformada por 905 celdas, las cuales están distribuidas en cinco líneas de reducción como se indica a continuación: 720 están ubicadas entre las líneas I, II, III y IV (operan bajo Tecnología Reynolds, Celdas P-19), 180 celdas ubicadas en línea 5 (V Línea, operando bajo Tecnología Hydro Aluminum) y 5 celdas tipo V-350 (trabajan bajo tecnología V-350), las cuales se ubican al final de V línea.

Las celdas de reducción P-19 se encuentran divididas en dos (2) secciones: la Superestructura y el Cátodo, este último está constituido por un casco o cuba de acero que le da la forma y soporte; así como de un revestimiento donde se da el proceso de electrólisis.

Las celdas de Tecnología Reynolds P-19 ubicadas en los Complejos I y II de VENALUM poseen 37 años en operación; la estructura del conjunto Casco-Plato-Cuna presenta aproximadamente 7 ciclos de operación (ciclos de reincorporación) con notorias deformaciones acumuladas producto de las condiciones térmicas y esfuerzos producidos por el revestimiento del casco; lo cual ha provocado la disminución de las propiedades mecánicas de sus componentes y declive del rendimiento operativo.

El principal efecto que genera esta situación es la merma continua del capital de la empresa, pues los costos asociados a este sistema con el cual está trabajando la celda seguirán aumentando constantemente si no se implementa una mejora que genere un cambio positivo y permanente. Del mismo modo al no abordar esta problemática a tiempo podría ocasionar consecuencias mayores, como por ejemplo; la desincorporación parcial o total de los cascos de las celdas, lo cual se traduciría en pérdidas monetarias para la empresa.

1.2. Objetivos

A continuación se muestran los objetivos que se desean alcanzar con la investigación.

1.2.1. Objetivo General

Realizar una evaluación del funcionamiento y propuesta de reemplazo de los actuales cascos de las celdas electrolíticas P-19 en el área de reducción de Venalum.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Definir el desgaste de la estructura metálica y la influencia en su funcionamiento.
2. Determinar los riesgos de higiene y seguridad laboral asociados a las condiciones actuales y la prevención de los mismos.
3. Estimar la variación de los costos por reparaciones aplicadas a los actuales cascos de celdas P-19 mediante el cálculo de horas - hombre.
4. Diseñar un modelo económico para determinar la factibilidad de reemplazo de la estructura.
5. Establecer los beneficios cualitativos que posee el prototipo en comparación con el casco original.
6. Determinar si es conveniente el reemplazo de la estructura por el prototipo del Casco en función de los parámetros evaluados.

1.3. Alcance

La investigación estuvo orientada a determinar mediante la evaluación del comportamiento operativo de los cascos de las celdas electrolíticas de tipo P-19, la disminución de la vida útil de los mismos, sus fallas en el funcionamiento y los altos costos de mantenimiento. Igualmente se determinaron los factores riesgos laborales presentes en el área. Mediante un indicador económico se afirmó la necesidad de reemplazo de la estructura, e igualmente se realizó la descripción de los beneficios operativos que otorga la construcción de un nuevo diseño de casco a la producción de la empresa y el aporte en el ámbito de higiene y seguridad laboral.

1.4. Delimitaciones

La evaluación fue solicitada por la gerencia de Investigación y Desarrollo, de la empresa VENALUM ubicada en la zona Industrial Matanzas en Ciudad Guayana Edo. Bolívar. Dicha alternativa fue seleccionada por las constantes fallas operativas que presenta el área de Reducción y de este modo especificar la necesidad de reemplazo de la actual estructura de los cascos de las Celdas P-19 que allí operaran.

La investigación se llevó a cabo en un lapso de dieciséis (16) semanas, en las cuales se desarrollaron los objetivos antes planteados y de esta manera se concretó la ejecución del proyecto de investigación.

1.5. Justificación e Importancia

La detección y evaluación temprana de fallas en operación son sumamente importantes para un desarrollo óptimo de una planta, ya que al abordarlas a tiempo reducirá el riesgo de dichas fallas de manera parcial o

permanente. De igual forma, al tener los procesos productivos en estricto orden y en condiciones adecuadas beneficiará de manera global a la empresa.

Actualmente debido al desarrollo de procesos de mejora en la planta, se realizan diversos proyectos que deben ser evaluados, teniendo en cuenta las diferentes alternativas planteadas y así optar por la propuesta más rentable. El principal aporte de esta investigación será para el área de reducción, debido que el estudio justifica la existencia de este proyecto, y por medio del cual, la empresa tendrá una visión más clara de la problemática que presenta la estructura actual de los cascos de celdas P-19 y servirá de guía para la toma de futuras decisiones con relación al reemplazo de los mismos.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

En este capítulo se define la empresa de manera general y la descripción del área donde se llevara a cabo en trabajo de grado.

2.1. La Empresa

La empresa Venalum se encarga de producir aluminio, utilizando como materia prima la alúmina, criolita y aditivos químicos (fluoruro de calcio, sodio, litio y magnesio). Este proceso de producción de aluminio se realiza en Celdas Electrolíticas.

Dentro del proceso de producción de la planta industrial, existen mecanismos de alimentación que desempeñan un papel primordial en el funcionamiento de la misma, los cuales son: La Planta de Carbón, Sala de Colada, Salas de Reducción e instalaciones auxiliares.

2.2. Reseña Histórica

La Industria Venezolana de Aluminio C.A. (CVG Venalum), se constituyó en 1973, con el objeto de producir aluminio primario para fines de comercialización, convirtiéndose en una empresa mixta con capacidad de 150.000 TM/año. La composición accionaria inicial fue de 80% capital japonés y 20% capital del Estado Venezolano; relación que fue revertida en el año 1975, con el proceso de nacionalización de la industria, quedando conformada hasta la fecha con 80% capital del Estado Venezolano y 20%

capital de un consorcio japonés, representado por ShowaDenko K.K. La producción se destina tanto al mercado extranjero como al nacional.

Su construcción se inició en 1976 y fue inaugurada el 10 de Junio de 1978. Es una de las mayores plantas de Latinoamérica, cuenta con una capacidad instalada de 430.000 toneladas métricas de aluminio/año. El área aproximada es de 281,85 hectáreas. Está ubicada en la Av. Fuerzas Armadas, Zona Industrial Matanzas, Puerto Ordaz, y desde su inauguración, se ha convertido paulatinamente, en uno de los pilares fundamentales de la economía venezolana, siendo a su vez en su tipo, una de las plantas más grandes de Sudamérica con una capacidad instalada de 430.000 TM/año.

La escogencia de la región Guayana, como sede en la gran industria del aluminio, se debe a que se encuentra rodeada por los ríos más caudalosos del país: Orinoco, Caroní, Paragua y Cuyuní, entre otros. La presa “Simón Bolívar” en Gurí, es una de las plantas hidroeléctricas de mayor potencia instalada en el mundo y su energía es requerida para la producción de aluminio. La posibilidad de navegación a través del Río Orinoco en barcos de gran calado en una distancia aproximada de 184 millas náuticas (314 km), hasta el Mar Caribe y de allí a todos los puertos del mundo, aumenta las posibilidades de comercialización de los productos.

2.3. Venalum, Hoy

La planta tiene una capacidad instalada de 430.000 toneladas al año aproximadamente; sin embargo, en los últimos años la capacidad de la misma no se apega a la instalada. El número de celdas electrolíticas encendidas que debería ser de 905, es de 181, lo que significa que la capacidad ha bajado a un 20%. En promedio, hoy en día la planta puede producir alrededor de 86.000 toneladas al año.

2.4. Espacio Físico

La empresa cuenta con un área suficiente para su infraestructura actual y para desarrollar aún más su capacidad en el futuro. Ver tabla N° 01.

Tabla N° 01 División de la empresa.

AREA TOTAL	1.455.634,78 M2
Área Techada	233.000 m2 (Edificio Industrial)
Área Construida	14.808 m2 (Edificio Administrativo)
Áreas Verdes	40 Hectáreas
Carreteras	10 Km.

Fuente: Manual de Inducción de Venalum.

2.5. Ubicación Geográfica

VENALUM está ubicada en la zona Industrial Matanzas en Ciudad Guayana, urbe creada por decreto presidencial el 2 de Julio de 1961 mediante fusión de Puerto Ordaz y San Félix. Ver Figura N° 1.

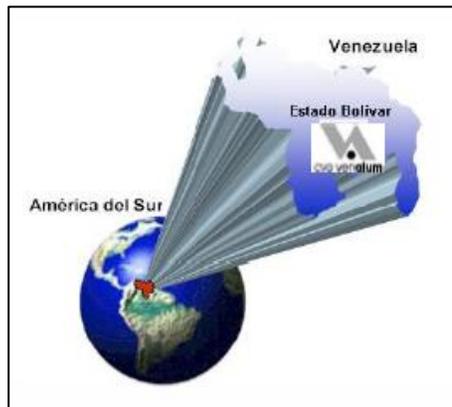


Figura N° 01. Ubicación de la Empresa
Fuente. Manual de Inducción de VENALUM

2.6. Proceso Productivo de VENALUM

El proceso de Reducción del Aluminio en VENALUM, consiste en separar el Oxígeno de la Alúmina para producir aluminio en estado líquido, estando inmerso en un baño electrolítico bajo los efectos de una corriente eléctrica directa suministrada por una fuente externa, la cual circula desde un ánodo (polo positivo) hacia un cátodo (polo negativo). El Oxígeno se combina con el Carbono contenido en el ánodo y forma gas carbónico el cual se libera, mientras que el aluminio se precipita y se deposita en el cátodo en estado líquido. Se tiene entonces que mediante un consumo controlado de alúmina, Carbón, corriente y aditivos químicos se obtiene como resultado aluminio en estado líquido.

Dicho proceso se desarrolla en las Plantas de Carbón, Reducción y Colada, sin embargo, adicionalmente existen instalaciones auxiliares que actúan como mecanismos de alimentación desempeñando un papel fundamental en el funcionamiento de las subestructuras anteriores. A continuación en la figura se presenta un gráfico del Proceso Productivo. Ver Figura N° 02.

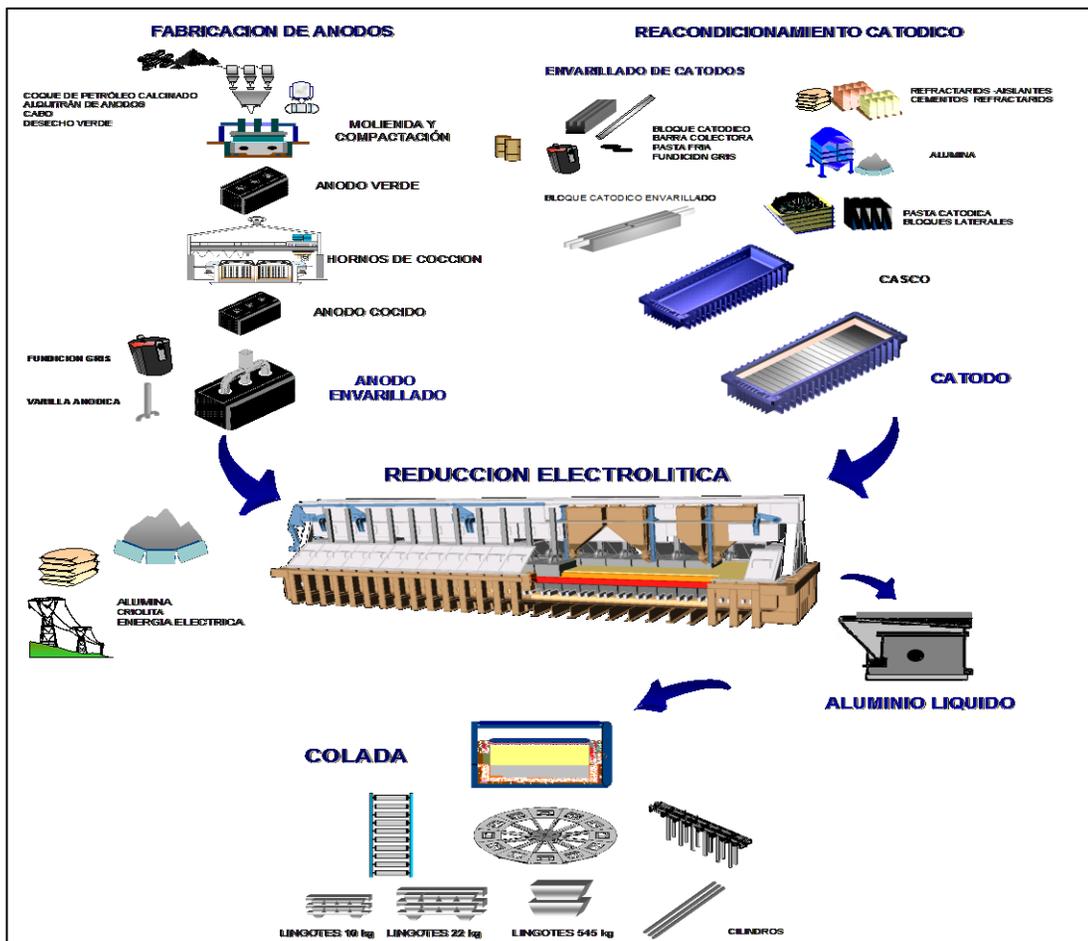


Figura N° 02. Proceso Productivo de VENTALUM
Fuente. Informe de Investigación, Centro de Investigación VENTALUM, 2006

2.7. Productos Elaborados

La empresa VENTALUM produce aluminio de acuerdo a las especificaciones de los clientes nacionales e internacionales. La demanda de los productos es conocida, se produce en forma continua y se distribuye los pedidos por lote, el 70% de la producción es para satisfacer el mercado internacional y el 30% para consumo nacional. El aluminio producido sale de las formas siguientes:

- Lingotes de 22 kg.

- Lingotes de 10 kg.
- Pailas de 680 kg.
- Cilindros para extrusión.

2.8. Tipo de Mercado

La estructura de mercado de esta industria es del tipo Monopolio de Estado, por ser una de las dos industrias del aluminio existentes en el país, las cuales no compiten entre sí por pertenecer a la misma corporación.

2.9. Filosofía de Gestión

2.9.1. Misión

VENALUM tiene por misión producir, vender y comercializar Aluminio y productos del Aluminio, de manera eficaz, eficiente, sustentable y de calidad para satisfacer las necesidades de transformación, en función a la capacidad instalada y tipos de productos, con el propósito de impulsar el desarrollo integral de la nación, generando bienestar en los trabajadores, proveedores y clientes.

2.9.2. Visión

Ser la empresa líder en la producción y abastecimiento de aluminio primario y aleaciones en el mercado nacional e internacional, con el aprovechamiento máximo de su capacidad instalada, de manera sustentable para la consolidación de toda la cadena productiva del aluminio y contribuir al desarrollo integral de la nación.

2.10. Objetivos Estratégicos

- Producir aluminio de manera eficaz, eficiente, sustentable y de calidad.
- Vender y comercializar aluminio de manera eficaz, eficiente, sustentable y de calidad.
- Garantizar trabajadores y trabajadoras formadas y motivadas que laboren en condiciones de trabajo segura y saludable.
- Impulsar el desarrollo integral de la nación.
- Garantizar la satisfacción de los clientes, considerando sus requerimientos y expectativas.
- Adecuar la empresa a las regulaciones de Ambiente, Seguridad y Salud Laboral vigentes, para contribuir y mejorar la calidad de vida de los trabajadores y las comunidades de su entorno.
- Diversificar los proveedores y generar relaciones confiables.
- Impulsar la participación activa y plena de trabajadores y trabajadoras.
- Garantizar la recuperación de la capacidad instalada.
- Garantizar los sistemas de gestión a través del mantenimiento y la mejora continua.

2.11. Políticas de la Empresa

2.11.1. Productividad y Rentabilidad

La empresa deberá orientar su gestión a garantizar la máxima productividad y rentabilidad en armonía con el avance técnico de la industria y la situación del mercado del aluminio, explotando las oportunidades de sinergia de acción que identifiquen los diferentes ámbitos de competencia.

2.11.2. Comercial

En materia de comercialización, la empresa deberá emprender acciones para garantizar el máximo valor agregado de la cesta de productos, conciliando la excelencia técnico-económica con el máximo retorno de mercado.

2.11.3. Calidad

Calidad para Venalum significa producir y comercializar aluminio así como prestar servicios relacionados, que satisfagan los requisitos de los clientes, mediante la participación de su personal y sus proveedores en un sistema de gestión de la calidad que estimula el mejoramiento continuo de sus procesos y productos.

2.11.4. Social

Venalum como empresa del Estado Venezolano a fin de contribuir con el desarrollo de la economía nacional, impulsará proyectos de carácter socioeconómicos generadores de empleo y bienestar social para la región, que elevan la calidad de vida de la comunidad que la circunda.

2.11.5. Ambiental

Venalum empresa productora de aluminio compromete a incorporar la variable ambiental para mejoramiento continuo de los procesos, a fin de cumplir con la legislación ambiental vigente y contribuir con la prevención y control de la contaminación.

2.11.6. Desarrollo

Venalum deberá impulsar el desarrollo integral y sostenido del sector del aluminio, orientando su acción como una extensión regional del Estado en Pro de la reactivación, desarrollo y consolidación de la cadena transformadora nacional y del parque metalmecánico conexo.

2.12. Valores y Creencias

2.12.1. Ámbito Personal

VENALUM tiene un compromiso con su personal, considerándose éste como lo más valioso, garantizando el respeto a la dignidad individual.

Para acompañar la búsqueda de la excelencia, se mantiene la integridad como principio, lo cual demanda reconocer los errores, ser respetuosos, ser responsables con las funciones y las acciones que se realizan, ser coherentes y honrados en el actuar diario y mantener la lealtad e identificación con la empresa. No se tiene duda que cada supervisor es modelo y ejemplo para sus subordinados. Se han seleccionados los mejores recursos para la empresa.

Finalmente, se enfatiza la creencia de reconocer el mérito como fundamento para el progreso profesional y económico dentro de la organización en la cual se ofrecen oportunidades y se mantienen un entrenamiento y desarrollo continuo que responda a las necesidades de la empresa y el individuo.

2.12.2. Ámbito de Gestión

VENALUM plantea retos permanentes de progreso; ser proactivos es una práctica importante que disminuye los problemas y aumenta la capacidad para resolverlos.

La empresa VENALUM, juega un rol de liderazgo y tiene un estatus importante en Venezuela y en el mundo. Para mantener esa posición se debe alcanzar y mantener un alto grado de excelencia en la gestión. La empresa realiza el trabajo en equipo, dando importancia a la visión compartida de las situaciones y a los objetivos comunes, el compromiso mutuo, la cooperación y la cohesión.

2.12.3. Ámbito Social

La empresa compromete a sus ciudadanos a ser responsables iniciando y respaldando esfuerzos relacionados con el bienestar de la sociedad, trabajando para mejorar la comunidad en la cual opera.

2.12.4. Ámbito de Productividad y Calidad

La excelencia de VENALUM se manifiesta por las conductas de quienes trabajan en ella y éstas están orientadas de acuerdo a sus valores y creencias. La excelencia se logra mediante la optimización de la productividad y la calidad definida y calificada por el cliente.

Es importante para la organización que los errores se identifiquen para corregirlos. Los errores son fuente de aprendizaje y oportunidades de mejoras. Se cree que cada persona, en su nivel, debe tomar las decisiones que le corresponda, de tal forma que pueda cumplir cabalmente con sus responsabilidades.

2.12.5. Ámbito Ambiental

Los trabajadores de la empresa son parte de un conglomerado social y están comprometidos en la preservación del medio ambiente y del sistema ecológico que circunda entorno de sus operaciones.

2.12.6. Ámbito Comunicacional

Se en la participación como medio para tomar las mejores decisiones, en el compromiso y aprovechamiento del talento de cada individuo en la organización, por lo cual se estimula la comunicación efectiva, la discusión abierta y el intercambio de opiniones para la toma de decisiones.

Junto a ello, se promueve un clima de confianza en donde todo puede discutirse, entablándose el dialogo franco entre todos los niveles organizacionales.

2.13. Funciones

La industria venezolana del aluminio, tiene con principal función producir y comercializar aluminio primario y sus derivados en forma rentable. Para cumplir con este propósito VENALUM se orienta hacia aquellos productos y mercados que resulten estratégicamente atractivos. Es una empresa dedicada a la excelencia, a los costos más bajos posibles de la industria y participar en aquellos negocios que ofrezcan las mayores posibilidades de crecimientos y utilidad. Entre las funciones que conforman la industrial del aluminio se pueden mencionar:

- Producción: alcanzar el nivel óptimo de productividad, respondiendo a las exigencias del mercado bajo controles de calidad establecidos, asegurando las mejores condiciones de rentabilidad y seguridad, en

concordancia con la capacidad instalada y de acuerdo a las exigencias de los mercados internacionales con relación a calidad, costo y oportunidad.

- Comercialización: optimizar la gestión de comercialización para elevar las ventas de la empresa y cumplir oportunamente con los requerimientos y necesidades del mercado.
- Tecnología: establecer y desarrollar la tecnología adecuada para alcanzar una producción eficiente, que aumente la competitividad de la industria del aluminio.
- Mercado y Ventas: maximizar los ingresos de la empresa mediante la venta de productos, cumpliendo oportunamente con los clientes, con la calidad requerida y a precios competitivos.
- Procurar: Garantizar la adquisición de materia prima, equipos, insumos y servicios en la calidad y oportunidad requerida a costos competitivos.
- Finanzas: mantener una adecuada estructura financiera que contribuya a mejorar la competitividad y el valor de la empresa.
- Organización: disponer de una óptima estructura organizativa de los sistemas de soportes que faciliten el cabal cumplimiento de los objetivos de la empresa.
- Recursos Humanos: disponer de un recurso humano competente, identificado con la organización de la empresa y asegurar que sea el más efectivo y especializado.

2.14. Instalaciones y Áreas Básicas

2.14.1. Planta Carbón

En esta área se elaboran ánodos de carbón, a partir de una combinación de coque de petróleo calcinado, cabos de ánodos triturados,

ánodos verdes y calcinados de desecho. El peso es de 900 Kg., estos ánodos son fabricados en forma de bloque, los cuales se consumen en un 60% aproximadamente durante el proceso de reducción, para producir 1.000Kg de aluminio con vida útil de 22 días. Se requiere una producción diaria de unos 720 ánodos para satisfacer las necesidades de la sala de celda.

2.14.2. Molienda y Compactación

Esta planta fue diseñada para producir aproximadamente 240.000 Toneladas de ánodos verdes por año, suficientes para abastecer las 900 celdas de los complejos I, II, y V línea. Los ánodos verdes se fabrican mediante la trituración, mezclado en caliente y moldeados en la pasta anódica. La materia prima utilizada es: coque de petróleo calcinado, brea de alquitrán, cabos y desechos verdes. CVG VENALUM cuenta con 4 hornos de cocción con tecnología de hornos cerrados (2 de 48 secciones y 2 con 32 secciones), cada uno con un sistema automático de control para lograr una correcta regulación de las temperaturas requeridas.

2.14.3. Planta de Reducción de Aluminio

En esta área se produce el aluminio primario mediante el proceso de reducción electrolítica (proceso Hall Héroult), el cual consiste en retirar el oxígeno de la alúmina disuelto en un medio electrolítico y bajo los efectos de una corriente eléctrica directa. El oxígeno se combina con el carbón del ánodo y forma el dióxido de carbono que se libera mientras que el aluminio metálico (AL) se precipita en forma líquida.

2.14.4. Planta de Colada

La sala de colada es la encargada de producir los lingotes y cilindros de aluminio que varían en forma, tamaño y aleación según los requerimientos del mercado.

2.14.5. Estaciones de Baño

Estas estaciones tienen como finalidad remover y recuperar el material de baño sobre los cabos y retornarlos con ciertas características de calidad y granulometría a las líneas de producción, igualmente se utiliza para recuperar baño de los baskets y carretas, producto del traslado de cabos de las celdas de reducción a las Estaciones de Baños; estas instalaciones también permiten recuperar los cabos y varillas de los ánodos consumidos. Existen dos Estaciones de Baño, una ubicada en el complejo I y la otra en el complejo II, cada una de estas estaciones tiene una capacidad nominal de 264 Ton/días (11,0 ton/hr).

2.14.6. Envarillado

En esta área se acopla la varilla y el ánodo cocido para ser debidamente utilizado en las celdas electrolíticas, así mismo, se acondicionan barras que han sido usadas para su posterior restauración. Los ánodos cocidos son recibidos desde el departamento de hornos de cocción y son unidos a la varilla por medio de una fundición gris, la cual es producida en los hornos de cocción de inducción; después de envarillar los ánodos éstos son recocidos con aluminio líquido y enviados a las celdas de reducción. Actualmente esta instalación tiene una capacidad de 458.400 ánodos envarillados al año.

2.14.7. Instalaciones auxiliares

Son aquellas que no forman parte del proceso productivo, pero son indispensables para el buen funcionamiento de la planta. Ejemplo:

2.14.7.1. Mantenimiento

Este departamento está formado por los talleres, equipos y personal de ingeniería, técnico, mecánico, instrumentista, etc. vitales y útiles, que son indispensables para mantener en óptimo funcionamiento todas las máquinas, equipos e instalaciones de la empresa mediante el mejoramiento continuo de los planes y estrategias de mantenimiento.

2.14.7.2. Laboratorio

Está formado por las instalaciones y equipos utilizados para el control del metal producido, materia prima, análisis y todo tipo de contaminación ambiental e investigación y desarrollo de tecnologías aplicadas en las industrias del aluminio.

2.14.7.3. Muelle

En esta instalación es donde se recibe la materia prima básica y se embarcan productos terminados con destino a países compradores de aluminio. Tiene una capacidad de recepción de dos (2) buques hasta 40.000 TM., uno en la estación de carga y descarga de materia prima y otro en un descargador neumático.

2.14.7.4. Planta de Tratamiento de Humos (FLAKT)

Las plantas de tratamiento de humos (P.T.H.) se encargan del control ambiental y recuperación del fluoruro que sale de las celdas con el dióxido de carbono. La planta está constituida por cuatro (4) sistemas idénticos para el tratamiento del humo, cada uno de estos sistemas se dividen en dos (2) plantas separadas por la colección y filtración del humo que sale de las celdas, para un total de ocho (8) plantas. Además V Línea dispone de dos (2) plantas adicionales de tratamiento de humo.

El proceso consiste en tratar mediante un sistema de filtros de mangas los gases que salen de las celdas, allí el flúor es absorbido por la alúmina primaria que es mezclada con los gases extraídos de las celdas, antes de que lleguen al compartimiento de mangas filtrantes.

2.15. Sala de celdas

La sala de celdas es el lugar donde las celdas están conectadas en circuitos en serie. CVG Venalum está conformada por 5 líneas de reducción, con 180 celdas por línea, lo cual da un total de 900 celdas. Adicionalmente tiene 5 celdas del tipo V-350, las cuales están localizadas al final de la quinta línea.

2.15.1. Tecnología Reynolds P-19. Alimentación Puntual

Esta tecnología es el resultado de los procesos de mejora realizados en las celdas P-19, los cuales incluyen: compensación de campo magnético, alimentación puntual de alúmina y sistema de control adaptativo. El sistema de alimentación de alúmina está compuesto por 4 alimentadores con su respectivo rompe costra, los cuales operan independientemente. Hay 720

celdas en las líneas 1, 2, 3 y 4 con esta tecnología. La temperatura de operación de las celdas es de 960 °C, la adición de fluoruro de aluminio es realizada utilizando un alimentador localizado en el centro de la celda y el amperaje de operación es 162 kA. La frecuencia de trasegado es cada 24 horas y la frecuencia de subida de puente es cada 15 días. La alimentación de alúmina es controlada por un sistema de control adaptativo.

2.15.2. Tecnología Hydro Aluminium

Desarrollado por HYDRO ALUMINIUM, la tecnología HAL-230 side by side, tiene 5 alimentadores de alúmina y uno de fluoruro de aluminio. En CVG VENALUM la quinta línea (180 celdas) fue construida con esta tecnología. Cada celda usa 26 ánodos, los cuales tienen una vida útil de 22 días. La producción diaria de la celda es 1,6 toneladas, la temperatura de operación es 960 °C y el amperaje de operación es 223 kA. El alimentador de fluoruro de aluminio está localizado en el centro de la celda. La frecuencia de trasegado es cada 24 horas y la frecuencia de subida de puente es cada 15 días. La alimentación de alúmina es controlada por un sistema de control adaptativo.

2.15.3. Tecnología V-350

El proyecto “Desarrollo de la celda V-350 de Venalum” fue concebido por ingenieros venezolanos de la empresa, quienes basándose en las tecnologías existentes y desarrollando los modelos: electromagnético, térmico, mecánico estructural así como los sistemas automatizados, lograron diseñar una celda con un alto índice de productividad. Esta celda de alto amperaje implica mayor capacidad de producción, menor inversión por tonelada métrica de aluminio producido y, en consecuencia, mayor rentabilidad al reducirse los costos de producción.

La celda V-350 representa el punto de partida para la consolidación de los proyectos de expansión de la industria del aluminio en Venezuela, así como para el desarrollo y posterior venta de tecnología venezolana en la industria mundial del aluminio.

2.16. Estructura Organizativa General

La estructura organizativa de VENALUM es de tipo lineal y de asesoría, donde las líneas de autoridad y responsabilidad se encuentran bien definidas; actualmente fue reestructurada y aprobada por la Corporación Venezolana de Guayana el 28 de Febrero del presente año, debido a la disolución de la Industria Aluminios de Venezuela, quedando constituida por gerencias administrativas y operativas; a continuación se hace una breve descripción de cada una de unidades:

Junta Directiva: Esta es la principal unidad que conforma la estructura de la empresa. Tiene como función dirigir los movimientos realizados en la misma, ya que está constituida por los accionistas japoneses y venezolanos.

Presidencia: Es la unidad de línea adscrita directamente a la Junta Directiva. Tiene como misión dirigir la administración y funcionamiento de la empresa hacia el logro de los objetivos previstos y en concordancia con las disposiciones de la Junta Directiva y de la Asamblea de Accionistas. Además tiene como apoyo a la Consultoría Jurídica y la Gerencia de Enlace con Accionistas.

Consultoría Jurídica: Es una unidad staff a la Presidencia. Tiene como misión mantener las actuaciones de la empresa dentro del marco legal vigente, orientado a la administración en la adecuada interpretación de las leyes, decretos y reglamentos legales, judiciales y extrajudiciales que le sean confiados.

Contraloría Interna: Es una unidad staff adscrita a la Presidencia. Tiene como misión asegurar la salvaguardia de los intereses de la empresa, velando por el cumplimiento de las disposiciones legales reglamentarias y normativa interna vigente.

Gerencia de Enlace con Accionistas: Es una unidad staff, adscrita a la Presidencia. Su misión es promover y desarrollar las relaciones entre la empresa y sus accionistas (propietarios de las acciones clases B, C y D), manteniendo un flujo adecuado de información relativa a la administración del negocio.

Gerencia de Planificación y Presupuesto: Es una unidad staff adscrita a la Presidencia. Tiene como misión controlar la situación económica y financiera de la empresa.

Gerencia de Ingeniería Industrial: Es una unidad staff adscrita a la Presidencia. Tiene como misión suministrar servicios de asesoría y asistencia técnica en materia de Ingeniería de Métodos e Ingeniería Económica que garanticen la calidad y conlleven a la optimización en el uso de los recursos de la empresa así como la mejora continua de sus procesos.

Gerencia de Administración y Finanzas: Es una unidad de línea funcional adscrita a la Presidencia. Su misión es dirigir la Gestión Administrativa Financiero – Contable de la empresa, garantizando la contabilización de sus operaciones presentes y futuras, dentro de la política y estrategias aprobadas por la Alta Dirección, con apego a las leyes y disposiciones que rigen la materia.

Gerencia de Sistemas y Organización: Es una unidad de línea funcional adscrita a la Presidencia. Una de sus misiones está dirigida a la instalación, mantenimiento y control de los sistemas de computación y la otra función es el diseño, organización e implementación de los procesos administrativos de la empresa.

Gerencia de Logística: Es una unidad de línea funcional adscrita directamente a la Presidencia. Su misión es garantizar la Gestión de Procura

de Insumos, Bienes y Servicios en las mejores condiciones de oportunidad, calidad, costos y resguardo, control y despacho de los materiales requeridos para asegurar la continuidad de los procesos de extracción de bauxita y de producción de alúmina y aluminio.

Gerencia de Investigación y Desarrollo: Es una unidad de línea funcional adscrita directamente a la Presidencia. Su misión es generar innovaciones tecnológicas y determinar la factibilidad de adaptación de nuevas tecnologías, con el fin de aumentar la rentabilidad, competitividad e imagen de la empresa.

Gerencia de Personal: Es una unidad de línea funcional adscrita directamente a la Presidencia. Su misión es asegurar la disponibilidad de recursos humanos cónsonos con los requerimientos de la empresa y las condiciones para que la actividad laboral se desarrolle en concordancia con los parámetros de eficiencia y productividad exigidos.

Gerencia de Comercialización: Es una unidad de línea funcional adscrita a la Presidencia. Tiene como misión dirigir la actividad comercial de la empresa para garantizar la colocación y transporte oportuno de los productos terminados y subproductos industriales, en los mercados nacionales e internacionales, así como el traslado de la materia prima, bienes y materiales de importación.

Gerencia General de Planta: Es una unidad staff, adscrita a la Presidencia. Tiene como misión garantizar la producción de aluminio primario y sus aleaciones en condiciones de eficiencia y productividad definidas en los planes y metas propuestos.

Gerencia de Reducción: Es una unidad de línea funcional adscrita a la Gerencia General de Planta. Tiene como misión garantizar la producción de aluminio primario, a través de las celdas mediante el proceso de reducción electrolítica que hace posible la transformación de alúmina en aluminio, de acuerdo al plan anual de producción y en concordancia con los parámetros de calidad, rentabilidad y seguridad.

Gerencia de Colada: Es una unidad de línea funcional adscrita a la Gerencia General de Planta. Tiene como misión asegurar el cumplimiento de las metas de producción para la obtención del producto terminado (lingotes – cilindros, etc.) y despachos de metal líquido de conformidad con el plan de producción acordado, en condiciones de cantidad, calidad, oportunidad y costos establecidos.

Gerencia de Carbón: Es una unidad de línea funcional adscrita a la Gerencia General de Planta. Tiene como misión garantizar la producción ánodos, envarillado y suministro de baño electrolítico, en condiciones de calidad, cantidad y oportunidad requerida en el proceso de reducción del aluminio.

Gerencia de Mantenimiento Industrial: Es una unidad de línea funcional adscrita a la Gerencia General de Planta. Tiene como misión conservar en óptimas condiciones el funcionamiento de las máquinas e instalaciones de la planta, estableciendo como prácticas operativas los mantenimientos de rutina, preventivos y correctivos.

Gerencia de Suministros Industriales: Es una unidad de línea y de servicios a las gerencias de producción, adscrita a la Gerencia General de Planta. Tiene como misión Garantizar la disponibilidad y suministro de celdas reacondicionadas y de la materia prima para los procesos productivos de conformidad a los requerimientos del plan de producción y en condiciones de calidad, cantidad costo y oportunidad establecidos.

Gerencia de Control de Calidad y Procesos: Es una unidad de línea funcional adscrita a la Gerencia General de Planta. Su función es la instalación, mantenimiento y control de los sistemas computarizados dirigidos a los procesos de producción en planta, así como garantizar la calidad de los productos de insumos y el producto final. A continuación en la figura se muestra la estructura general. Ver Figura N° 3.

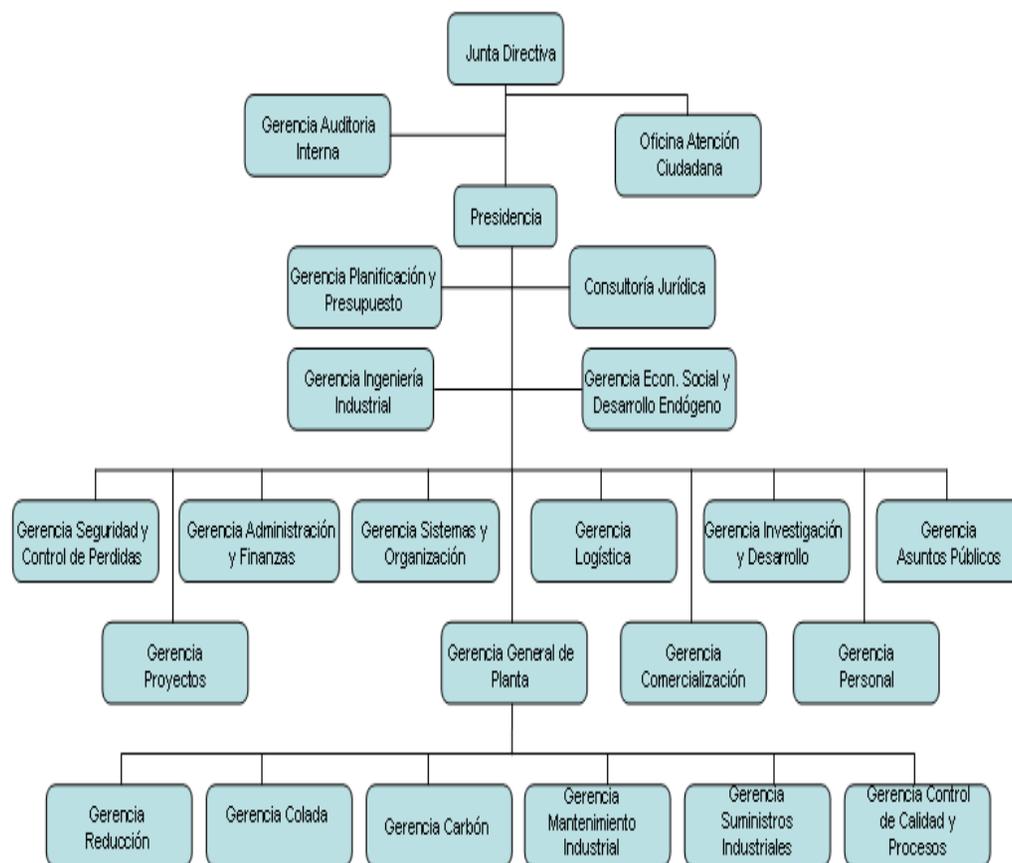


Figura N° 03. Organigrama General
Fuente. Informe técnico. Centro de Investigación VENALUM, 2006

2.17. Descripción de Área de Trabajo

Esta investigación se llevará a cabo en La División Tecnología Reducción adscrita a La Gerencia de Investigación y Desarrollo, ubicada en el edificio corporativo de la empresa, esta gerencias se encarga de los proyectos de diseño, evaluación e innovación de las instalaciones, máquinas, estructuras y equipos que pertenezcan al área de producción.

La Gerencia de Investigación y Desarrollo se divide en 3 principales divisiones: Tecnología Carbón, Tecnología Reducción y Tecnología Colada.

Contando además con un centro de información donde se dispone toda la información según su categoría para obtener todos los datos, trabajos, planos y proyectos de todas las máquinas, hornos, estructuras, grúas etc. Ver Figura N° 4.

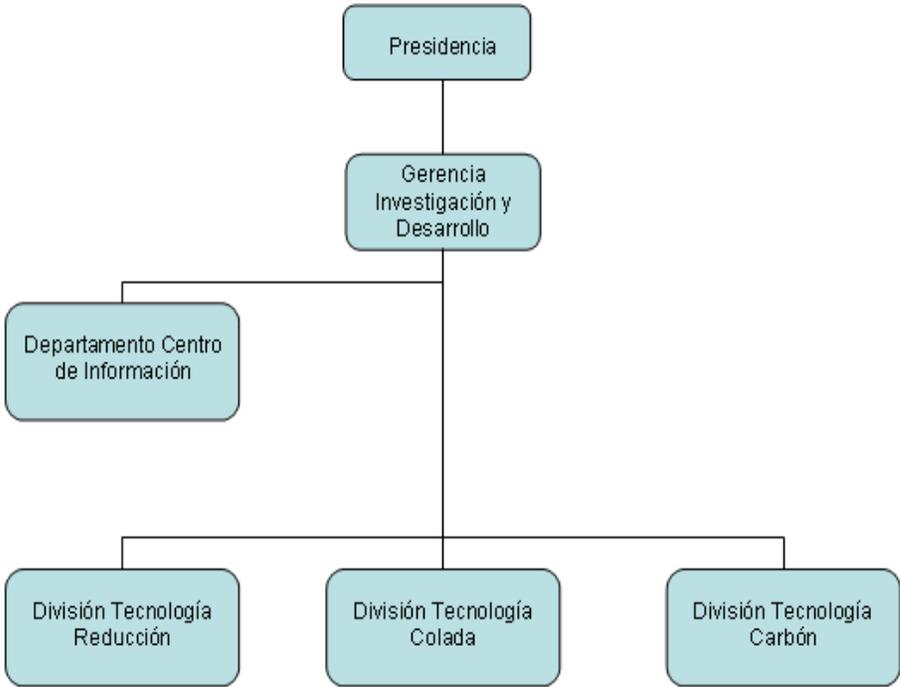


Figura N° 04. Organigrama Investigación y Desarrollo.
Fuente. Informe técnico. Centro de investigación VENALUM, 2006

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

Seguido se muestran las principales definiciones y bases teóricas necesarias para el desarrollo de la siguiente investigación

3.1. Descripción del proceso de reacondicionamiento catódico de celdas P-19

El departamento de Reacondicionamiento de Celdas P-19 es una unidad que presta sus servicios al área de Reducción. Tiene como función el mantenimiento y reacondicionamiento de todos los componentes de las celdas pertenecientes a los complejos I y II, una vez que estas están fuera de servicio.

El reacondicionamiento catódico consta de varias etapas con la finalidad de garantizar la disponibilidad de celdas listas para su utilización.

- Desmontaje de la celda: comienza una vez realizada la desconexión eléctrica y mecánica de la misma. En primer lugar se retira la superestructura, luego los pisos de concreto y por último se realiza el corte de las barras colectoras para retirar el casco de la fosa. El casco y la superestructura son trasladados al taller de reacondicionamiento de celdas P-19 por medio de una carreta

- Limpieza del casco: Una vez que el casco es desincorporado se retira el plato para ser excavado por medio de la retroexcavadora, el casco es colocado en una volcador para llevar a cabo dicha actividad, la cual, tiene como finalidad remover el baño, los desechos catódicos y la alúmina que se encuentra en el interior del mismo. Posteriormente se retira el casco y es trasladado a la zona de reparación donde se realiza la limpieza manual y seguido la inspección visual del mismo para determinar si necesita una reparación menor o mayor. En la reparación menos se descarta el enderezado del casco, mientras que en la mayor va incluida junto con otras reparaciones.
- Preparación del casco: Esta actividad inicia una vez que el casco está completamente limpio. En primer lugar se adiciona quince toneladas (15 ton) de alúmina en el interior del casco, luego es nivela y vibrada para introducir catorce (14) bloques catódicos ya ensamblados, también se coloca fibra mineral y alrededor de las barra se sellan las ventanillas con concreto refractario, de esta forma el casco queda preparado para realizar el compreso de compactación.
- Compactación del casco: Se rellena las ranuras que quedan entre los bloques una vez que el casco está preparado, esto se realiza con la pasta catódica caliente. Luego de ser compactada con la pasta caliente se debe dejar enfriar durante seis horas (6 hrs) para luego ser retirado de la fosa de compactación y posteriormente colocar el plato y los tortillos, y de esta manera estar listo para la reincorporación. Si el casco es compactado completamente con pasta catódica fría, este cambio afecta directamente el tiempo estándar de duración del proceso de reacondicionamiento catódico.

- Reacondicionamiento de Super-Estructura: Primeramente se le retiran diamantes ya usados y se le colocan nuevos, también se despegan los faldones, puertas y chalecos, se les sueldan unos nuevos, y se retiran tolvas usadas para hacerle reparaciones pertinentes y luego se introducen nuevas. Una vez lista la superestructura se traslada al complejo junto al casco. Las actividades realizadas para el reacondicionamiento de la superestructura se ejecutan en forma paralela a las que se le realizan al casco.

3.2. Reparación Mayor de Cascos de Celdas

Esta reparación se lleva a cabo con una máquina compuesta por un conjunto mecánico principalmente por sistemas hidráulicos que es la encargada de realizar el trabajo de enderezar los cascos de celdas P-19. Dicha máquina va montada en una fosa de concreto que debe resistir las cargas que es aplicada por los sistemas hidráulicos cuando se realiza el enderezado de cascos.

El equipo enderezador de cascos de celdas P-19 fue adquirido por la empresa con la finalidad de obtener la configuración geométrica original de los cascos el cual para la fecha presentan altas deformaciones laterales y frontales. Este equipo cuenta con una serie de conjuntos entre los cuales podemos mencionar el Sistema Mecánico.

3.3. Sistema Mecánico

Es la parte que se encarga de realizar el enderezamiento vertical, lateral y frontales de los cascos deformados mediante sistemas de cilindros hidráulicos de doble efecto, además cuenta con un sistema de anclaje que es

al que se encarga de sujetar el casco cuando se va a enderezar mediante los cilindros hidráulicos.

3.4. Sistema de Anclaje

El sistema de anclaje se encarga de sostener el casco cuando es posicionado en la fosa para poder realizar el enderezamiento vertical y lateral.

3.5. Higiene y Salud Laboral

La higiene y salud laboral (denominada anteriormente como "seguridad e higiene en el trabajo") tiene por objeto la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo. De esta materia se ocupa el convenio 155 de la OIT (Organización Internacional del Trabajo) sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente del trabajo.

Se construye en un medio ambiente de trabajo adecuado, con condiciones de trabajo justas, donde los trabajadores y trabajadoras puedan desarrollar una actividad con dignidad e igualmente sea posible su participación para la mejora de las condiciones de salud y seguridad.

3.6. Fuentes generadoras de los factores de riesgo

Los factores de riesgos presentes en el área de reducción se determinaron por medio de fuentes específicas, las cuales son generadas por: alta temperatura, polvos, fluoruros totales, ruido, radiaciones no ionizantes e iluminación. Ver tabla N° 02.

Tabla N° 02. Factores de Riesgo

Riesgo	Pictograma	Especificación	Agente	Efecto
Físicos		Ruido	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de maquinaria pasada (grúa puente, montacargas, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Lesiones auditivas • Dolor de oídos
		Temperatura (Calor)	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto directo con el proceso de fundición y obtención de aluminio 	<ul style="list-style-type: none"> • Golpe de calor • Agotamiento por calor • Erupciones cutáneas
		Radiaciones no ionizantes	<ul style="list-style-type: none"> • Celdas de reducción electrolíticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Quemaduras • Lesiones oculares • Afecta a los sistemas nerviosos, circulatorio y aparato digestivo. • Puede producir cáncer
		Iluminación	<ul style="list-style-type: none"> • Mayoría de luminarias quemadas. • Insuficiente entrada de luz natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Accidentes • Fatiga visual • Fatiga mental (cefaleas, vértigo y mareos)
Químicos		Fluoruros	<ul style="list-style-type: none"> • Fuga de aditivos que conforman el baño electrolítico. • Ductos de succión dañados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alergias de tipo asmática • Poca exposición puede causar: dolor de cabeza, náuseas, y vómitos • Exposición muy alta puede causar intoxicación
		Polvos	<ul style="list-style-type: none"> • Tapas de celdas mal colocadas. • Plantas de tratamiento operando con deficiencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedades respiratorias (asma, alergias, etc.) • Enfermedades pulmonares (bronquitis, pulmonía)

Fuente. Autora, 2016

3.7. Evaluación de los factores de riesgo

Para realizar la evaluación de los riesgos solo se disponían de los equipos de medición térmica (medidor de stress térmico), polvos ambientales (bomba de aspiración) y fluoruros totales (bomba de aspiración). No se realizaron mediciones a nivel de ruido (sonómetro), radiaciones (medidor de campos magnéticos y eléctricos) y de iluminación (luxómetro) por no disponer de dichos equipos.

3.8. Equipos y materiales utilizados para la evaluación de los factores de riesgo.

3.8.1. Ambiente térmico (calor)

- Medidor de Stress Térmico Marca Quest Modelo Quest Temp ° 46, Rango de Medición: Temperatura Bulbo Seco: 0°C - 120°C +/-0.5°C, Temperatura Bulbo Humedo: 0°-80 °C., Hr: 20 – 95% No condensable.

3.8.2. Polvo ambiental y fluoruros totales

- Bomba de aspiración de aire Gilian 3500. Rango de Flujo de Medición: 1000 – 5000 cc/min.
- Bomba de Aspiración Monitoreo Personal Marca: Escort ELF Rango de Flujo de Medición: 1000 – 5000 cc/min.

3.9. Criterio de evaluación de los factores de riesgo (Normas Venezolanas COVENIN)

- COVENIN. Calor y frío 2254-1995.
- COVENIN. Polvos 2252-1998.

- COVENIN. Fluoruros 3070-1994.
- COVENIN. Concentración de sustancias químicas 2253-2001.
- COVENIN. Ruido 1565-1995.
- COVENIN. Iluminación 2249-1993.
- COVENIN. Radiaciones no ionizantes 2238-2000.

3.10. Estudio económico

“Un estudio económico es aquel cuyo objetivo es determinar la factibilidad económica de los proyectos a manera de poder seleccionar la mejor alternativa de solución” (Thuesen, 1998).

3.11. Pasos para realizar un estudio económico

1. Identificar y definir el problema: se deben definir claramente cuáles son los objetivos que se van a alcanzar para analizar el problema.
2. Establecer restricciones: económicas, ambientales, técnicas, sociales, políticas. Se deben indicar cuáles son las restricciones que afectan el problema.
3. Generar proyectos de inversión: se deben considerar todos los proyectos de inversión que se pueden realizar para resolver el problema.
4. Estimar los flujos monetarios: inversión inicial, costos, salvamentos, ingresos brutos.
5. Determinar la rentabilidad económica: debe medirse o determinar la rentabilidad de cada uno de los proyectos, mediante la utilización de los indicadores.
6. Seleccionar el proyecto más beneficioso para la empresa, desde el punto de vista económico, sin tomar en cuenta otros aspectos como políticos, sociales, ambientales, etc.

3.12. Ingeniería económica

Técnicas matemáticas que simplifican comparaciones económicas. Con estas técnicas, se puede llevar a cabo una aproximación racional y significativa para evaluar aspectos económicos por métodos diferentes, Ing. Económica es por consiguiente, una herramienta de decisión por medio de la cual se podrá escoger un método como el más económico posible.

La ingeniería Económica se basa en la proposición de que el negarse a gastar recursos escasos es, por lo general, una decisión equivocada, el problema es elegir entre una variedad de alternativas de inversión que mejor satisfagan los objetivos inmediatos y de largo plazo de quienes toman las decisiones. La palabra determinante es economía y el ingrediente especial de esta es la selección.

3.13. Criterio de decisión

Constituye una regla o procedimiento que describe cómo seleccionar las oportunidades de inversión de tal forma que se logran los objetivos planteados. Los criterios de decisión deben incorporar algún índice, medición de equivalencias o base de comparación que resuma las diferencias significativas entre diferentes alternativas de inversión.

3.14. Índices de rentabilidad

La rentabilidad de un proyecto es una medida que permite colocar de una manera anticipada, el resultado global de la operación de un proyecto, desde el punto de vista económico. Para establecer la rentabilidad se necesita conocer:

- Los flujos monetarios asociados.
- La duración del proyecto.
- La tasa mínima de rendimiento.

Entre los índices de rentabilidad más comunes están:

- Valor Presente Neto (VPN).
- Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE).
- Tasa Interna de Retorno (TIR).

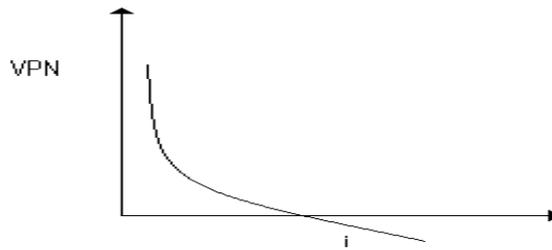
3.15. Valor presente neto (VPN)

El método del VPN es muy utilizado por dos razones, la primera es de muy fácil aplicación y la segunda porque todos los ingresos y egresos futuros se transforman a bolívares de hoy y así pueden verse fácilmente, si los ingresos son mayores que los egresos. Cuando el VPN es menor que cero implica que hay una pérdida a una cierta tasa de interés o por el contrario si el VPN es mayor que cero se presenta una ganancia. Cuando el VPN es igual a cero se dice que el proyecto es indiferente. Ver Tabla N°03 y Gráfica N°01.

Tabla N° 3. Valor presente Neto

Técnica	Aceptación	Rechazo	Indiferencia
VPN	>0	<0	=0

Fuente: Gabriel Baca Urbina



Gráfica N° 01. Valor Presente Neto
Fuente: Gabriel Baca Urbina

En consecuencia para el mismo proyecto puede presentarse que a una cierta tasa de interés el VPN puede variar significativamente, hasta el punto de llegar a rechazarlo o aceptarlo según sea el caso. Al evaluar proyectos con la metodología del VPN se recomienda que se calcule con una tasa de interés superior a la tasa de interés de oportunidad (TIO) con el fin de tener un margen de seguridad para cubrir ciertos riesgos, tales como liquidez, efectos inflacionarios o desviaciones que no se tengan previstos.

3.16. Costo anual uniforme equivalente (CAUE)

Consiste en convertir todos los ingresos y egresos, en una serie uniforme de pagos. Obviamente, si el CAUE es positivo, es porque los ingresos son mayores que los egresos y por lo tanto, el proyecto puede realizarse; pero, si por el contrario el CAUE es negativo, es porque los ingresos son menores; en consecuencia el proyecto debe ser rechazado. Ver Tabla N°04.

Tabla N° 04. Costo Anual Uniforme Equivalente

Técnica	Aceptación	Rechazo
CAUE	>0	<0

Fuente: Gabriel Baca Urbina

Sin embargo, es muy importante tener en cuenta que la captación o rechazo de un proyecto depende, en gran parte, de la tasa de interés a la cual se le evalué. En general, hay más posibilidades de aceptar un proyecto, cuando la evaluación se efectúa a una tasa baja, que a una tasa mayor. Bajo la modalidad de periodos de vida útil diferentes, es necesario tomar el mínimo común múltiplo de los periodos de vida útil, a fin de compararlos en un tiempo igual.

3.17. Análisis De reemplazo de activos físicos

El análisis de reemplazo sirve para averiguar si un equipo está operando de manera económica o si los costos de operación pueden disminuirse, adquiriendo un nuevo equipo. Además, mediante este análisis se puede averiguar si el equipo actual debe ser reemplazado de inmediato o es mejor esperar unos años, antes de cambiarlo.

Un plan de reemplazo de activos físicos es de vital importancia en todo proceso económico, porque un reemplazo apresurado causa una disminución de liquidez y un reemplazo tardío causa pérdida; esto ocurre por los aumentos de costo de operación y mantenimiento, por lo tanto debe establecerse el momento oportuno de reemplazo, a fin de obtener las mayores ventajas económicas.

Un activo físico debe ser reemplazado, cuando se presentan las siguientes causas: Repotenciación (reconstrucción), Insuficiencia, alto costo de mantenimiento, Obsolescencia.

3.18. Fundamentos del análisis de reemplazo

Reemplazo de equipos: Es la sustitución de un equipo por otro, debido a fallas o por razones económicas. Debería reemplazarse el activo ahora o más adelante.?

El análisis de reemplazo surge a partir de diversas fuentes:

- **Rendimiento disminuido:** Debido al deterioro físico, la capacidad esperada de rendimiento no está presente.
- **Requisitos alterados:** El equipo o sistema existente no puede cumplir con los nuevos requisitos de exactitud, velocidad u otras especificaciones.
- **Obsolescencia:** Los equipos actuales funcionan aceptablemente, aunque con menor productividad que el equipo más moderno

3.19. Terminología empleada en el análisis de reemplazo

- **Defensor y Retador:** denominaciones para dos alternativas mutuamente excluyentes.
- Defensor: activo actualmente instalado
- Retador: posible activo de reemplazo
- **Valor anual o costo anual uniforme equivalente (VA o CAUE):** principales medidas económicas de comparación entre el defensor y el retador.
- **Vida útil económica (n^*):** número de años en los que se presenta el VA o CAUE de costos más bajo o valor más alto respectivamente.
- **Costo inicial del defensor:** es el monto de la inversión inicial P empleado por el defensor. *El valor comercial actual (VC) es el cálculo correcto de P aplicado al defensor.* Si el defensor debe mejorarse o incrementarse para que sea equivalente al retador (en

velocidad, capacidad, etc.) este costo se suma al Valor Comercial para obtener el costo inicial del defensor.

- **Costo inicial del retador:** es la cantidad de capital que deberá recuperarse al reemplazar equipo actual por uno nuevo. Dicha cantidad normalmente es igual a P, el costo inicial del retador.

3.20. Análisis de los precios unitarios (APU)

Según Monsalve, J (2008) el Análisis de Precio Unitario “Es el documento técnico contractual, que se genera a partir de las condiciones dadas por el ente contratante y sirve entre muchos otros, para “estimar” los costos directos e indirectos de las partidas de obras de construcción o actividades a ejecutar para la fabricación de partes, piezas, equipos maquinarias. Este sistema aplica a obras civiles, electromecánicas y otras, así como a mantenimiento industrial, suministro de activos capitalizables y fabricación de piezas”.

En la actualidad el Análisis de Precio Unitario es exigido por la Ley de Contrataciones Públicas vigente y se considerado una herramienta de gran valor empresarial, siempre y cuando los datos sean confiables; permite la demostración anticipada de los costos en que se incurrirán al realizar actividades productivas a futuro.

Entre los métodos para la realización de Análisis de Precio Unitario se tienen:

1. Método empírico (experiencia).
2. Método fuentes secundarias (revistas y base de datos)
3. Método analítico estándar (uso de Análisis de Precio Unitario “APU”)

Es importante destacar que para llegar al método analítico estándar, se necesita obligatoriamente la ayuda del método empírico y el método de fuentes secundarias. No está permitido el uso de base de datos sin estar adaptadas a las necesidades puntuales de cada oferta y a los recursos reales y disponibles necesarios para cada actividad.

Para el logro de estas estimaciones de costos se interpretaron los planos de ingeniería del conjunto, y de este modo determinar el balance de materiales. Para cada actividad se le recabaron los costos vigentes de las materias primas, equipos, mano de obra.

Se diseñó el formato de APU y sobre él se vaciaron los datos del balance de materias primas y demás equipos, y mano de obra necesarios para la construcción del prototipo. Este balance se estuvo mediante entrevistas no estructuradas con empresarios del sector e igualmente se consultaron precios compresas vía web.

3.21. Elementos del análisis de precio unitario:

Según Monsalve, J (2008) los elementos que se deben tomar en cuenta para el desarrollo de un modelo de Análisis de Precio Unitario son los siguientes:

Costos Directos: se definen como la participación unitaria en unidades monetarias por cada unidad de medida, de materiales, equipos y mano de obra empleada directa o indirectamente en el proceso de fabricación.

Los costos directos son:

- **Materiales:** involucra todos aquellos costos asociados a materiales, insumos, desperdicios, transporte y flete de materiales. Para realizar el APU, se debe realizar el balance de materiales previo por unidad de fabricación o construcción que en este caso corresponde a la estructura de casco y su precio unitario se expresa en Bs/pieza: es importante destacar que los diversos precios de materiales, equipos y mano de se insertan en el formato APU, sin IVA.
- **Equipos:** involucra los costos de los equipos propios y alquilados así como las herramientas necesarias para realizar cada actividad debidamente balanceada con la mano de obra y con la actividad a realizar.
- **Mano de Obra:** involucra al costo del personal requerido para el desarrollo de ejecución del trabajo y los costos asociados al salario.

3.22. Ventajas de los contratos por precios unitarios:

Según Monsalve, J (2008) las ventajas son las siguientes:

- Permite al ente contratante poder comparar los precios unitarios de las diferentes ofertas presentadas, y poder así seleccionar la mejor, según sus intereses y el pliego de condiciones. (Homologación de ofertas).
- Permite variaciones del presupuesto base (aumentos de obra, disminuciones de obra y partidas no previstas).
- Permite valuar la obra, es decir darle el valor monetario a precios originales que representa la obra ya ejecutada, probada y aprobada por el ente contratante a través de la inspección
- Permite planificar y controlar la obra o fabricación, al establecer tiempos de ejecución en base a los rendimientos promedios estimados

en los APU, y número de cuadrillas de trabajo para cumplir con metas establecidas de producción mínima

- Permite discriminar los gastos en equipos alquilados y los apartados en caja para reposición y mantenimientos de los equipos propios, a fin de no mezclarlos con la utilidad de la bruta de la obra.

3.23. Desventajas de los contratos por precios unitarios:

Según Monsalve, J (2008) las desventajas son las siguientes:

- Obliga el ente contratante tener proyectos muy bien elaborados a nivel de detalles, antes de proceder con la contratación.
- Los costos indirectos no son fácilmente cuantificables para cada partida y se ha tomado siempre como un porcentaje de los costos directos. Tanto los gastos administrativos, como generales y la utilidad.

3.24. Formato de precios unitarios. (Ver tabla N° 05)

Tabla N° 05. Encabezado de formato de APU

CVG Industria Venezolana del Aluminio					
Gerencias de Investigación y Desarrollo					
Análisis de Precios Unitarios para la Construcción de Casco de Celda P-19					
Partida N°:					
Descripción de la Obra		CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO CASCO-PLATP-CUNA DE CELDA P-19 DE C.V.G. VENALUM			
Propietario		Código de Obra			
Descripción de la Partida:					
		SUMINISTRO Y FABRICACIÓN DEL CONJUNTO CASCO-PLATO-CUNA DE CELDA P-19 C.V.G. VENALUM INCLUYE MATERIALES, EQUIPO Y MANO DE OBRA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN			

Código:	Código Covenin:	Unidad	Cantidad 1.00	Rendimiento	Jornada
				1.00000	15/Días

Fuente. Autora, 2016

Identificación de la Partida o Actividad: Se coloca el número de la partida, según el correlativo que corresponda.

Rendimiento: Es la productividad diaria desarrollada por el personal y los equipos y herramientas en un día hábil de trabajo expresado en unidades de medida por día por ejemplo piezas/día.

Jornada horaria: Corresponde a las Días/horas hábiles de trabajo por cada día de acuerdo a la legislación vigente.

3.24.1. Materiales (Ver Tabla N° 06).

Tabla N° 06. Formato de Materiales de APU

1.- MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	%Factor	Precio	Monto	Total
Total Materiales:						
Unitario Materiales						

Fuente. Autora, 2016

Descripción: en esta casilla se identifican las especificaciones del material a utilizar, por ejemplo: Viga UPS 80 Acero A-36.

Unidad: es aquí donde se especifica la unidad correspondiente al tipo de material; ejemplo, Kg., m, galón.

Cantidad: en esta casilla se inserta la cantidad determinada como balance de materiales para cada pieza específica.

Factor: corresponde al porcentaje de desperdicios y se tomó como factor de desperdicio un 10% para el caso de los materiales y un 15% para los insumos restantes, debido a que por ejemplo los electrodos tienen los

siguientes desperdicios: perdida por humedad, perdida por colillas y extravío o mal manejo de los mismos.

Precio: es el costo de los diversos materiales e insumos que intervienen en el proceso, sin IVA.

Monto: corresponde al costo por la cantidad de partes requeridas para el armado de la estructura.

Total: Esta casilla es llenada mediante el resultado la operación que asocia el factor de depreciación, el monto y la cantidad.

Total de Costo de Materiales: es la sumatoria de los costos parciales unitarios expresados en Bs/unidad de medida.

3.24.2. Equipos. (Ver Tabla N° 07).

Tabla N° 07. Formato de Equipos de APU

2.-EQUIPOS						
Descripción	Días	Cantidad	% Factor	Costo	Monto	Total
Total Equipos: Unitario Equipos:						

Fuente. Autora, 2016

Descripción: en esta casilla se identifican los equipos necesarios para la fabricación de la estructura. Por ejemplo un Esmeril portátil 8000 rpm 7".

Días: esta casilla es rellena con los días hábiles a que se utilizará el equipo.

Cantidad: la cantidad es asignada de acuerdo al porcentaje de utilización de cada equipo que interviene en la fabricación de la estructura.

Factor: corresponde al factor de depreciación.

Costo: en esta casilla se muestra el costo de equipo en el mercado.

Monto: el resultado de esta casilla es el producto de la Cantidad y Costo.

Total de Costo de Equipos: expresa el costo del equipo por cada pieza.

3.24.3. Mano de obra. (Ver Tabla N° 08).

Tabla N° 08. Formato de Mano de Obra de APU

3.-MANO DE OBRA				
Descripción	Días	Cantidad	Jornada Laboral (Bs. F)	Monto Total (Bs. F)
Total Mano de Obra Directa:				
% Ley del Trabajo				
Total Mano de Obra:				
Unitario Mano de Obra:				

Fuente. Autora, 2016

Descripción: en esta casilla se identifica la mano de obra necesaria, según el tipo de actividad a desarrollar. (Soldador, chofer, plomero, trazador, etc.)

Días: esta casilla es rellena con los días hábiles a que se laborará.

Cantidad: esta casilla es rellena con el número de personal requerido según la descripción

Jornada Laboral: En esta casilla se coloca el monto del salario por día del trabajador.

Monto Total: en esta casilla se coloca el producto de días, cantidad y jornada laboral.

%Ley del Trabajo: En esta casilla se coloca el monto correspondiente al pago de bonos, primas etc, según la ley de trabajo.

Total de Costo de Mano de Obra: expresa el costo total que genera la suma de total salario más total bonos.

3.24.4. Costos indirectos. (Ver Tabla N° 09).

Tabla N° 09. Formato de Costos Indirectos de APU

Costo Directo Sub-Total " A "				
Administración y Gastos Generales				

Sub-Total "B"				
Utilidad e Imprevistos				
Sub-Total "C"				
TOTAL PRECIO UNITARIO (Bs./Unidad)				
COSTO FABRICACION (Bs.)				
COSTO DE FABRICACIÓN (CAMBIO DÓLAR DICOM)				
COSTO DE FABRICACIÓN (CAMBIO DÓLAR PARALELO)				

Fuente. Autora, 2016

Costo Directo Sub – Total "A": es la sumatoria de Bsf/unidad tanto de Materiales, Equipos y Mano de Obra.

Administración y Gastos Generales: esta casilla realiza el cálculo de 10% al Costo Directo Sub – Total "A" para ser asignado a Administración y Gastos Generales.

Sub-Total "B": Es la sumatoria Costo Directo Sub-Total "A" con el 10% de Administración y Gastos Generales.

Utilidades e Imprevistos: se calcula obteniendo el 10% del Sub-Total "B".

Sub-Total "C": Es la sumatoria del Sub-Total "B" con Utilidades e Imprevistos.

Total Precio Unitario (Bs/unidad): se coloca el monto obtenido en la casilla Sub-Total "C".

Costo de Fabricación: es el precio unitario sin IVA calculado mediante el anterior procedimiento. EL IVA se carga al presupuesto.

Costo de fabricación (cambio dólar DICOM): En esta casilla se coloca precio de fabricación correspondiente al valor de dólar al cambio de DICOM.

Costo de fabricación (cambio dólar paralelo): En esta casilla se coloca precio de fabricación correspondiente al valor de dólar al cambio de dólar paralelo.

3.25. Diagrama Causa – Efecto

El diagrama causa-efecto es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Se conoce también como diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado y se utiliza en las fases de Diagnóstico y Solución de la causa.

El diagrama de causa-efecto o diagrama de Ishikawa es un método gráfico que refleja la relación entre una característica de calidad (muchas veces un área problemática) y los factores que posiblemente contribuyen a que exista. En otras palabras, es una gráfica que relaciona el efecto (problema) con sus causas potenciales.

El diagrama de Ishikawa (DI) es una manera de identificar las fuentes de variabilidad. Para confirmar si una posible causa es una causa real se recurre a la obtención de datos o al conocimiento que se tiene sobre el proceso.

3.26. Esquema básico de un diagrama causa – efecto

- Las causas del problema se buscan activamente y los resultados quedan plasmados en el diagrama.
- Un DI muestra el nivel de conocimientos técnicos que se han logrado sobre el proceso.
- Un DI sirve para señalar todas las posibles causas de un problema y cómo se relacionan entre sí, con el cual la solución del problema se vuelve un reto y se motiva así el trabajo por la calidad.

3.27. Análisis FODA

FODA es una sigla que significa Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas. Es el análisis de variables controlables (las debilidades y fortalezas que son internas de la organización y por lo tanto se puede actuar sobre ellas con mayor facilidad), y de variables no controlables (las oportunidades y amenazas las presenta el contexto y la mayor acción que podemos tomar con respecto a ellas es preverlas y actuar a nuestra conveniencia).

En tal sentido, el FODA lo podemos definir como una herramienta de análisis estratégico, que permite analizar elementos internos a la empresa y por tanto controlables, tales como fortaleza y debilidades, además de factores externos a la misma y por tanto no controlables, tales como oportunidad y amenazas.

Para una mejor comprensión de dicha herramienta estratégica, definiremos las siglas de la siguiente manera:

- **Fortaleza.-** Son todos aquellos elementos positivos que me diferencian de la competencia.
- **Debilidades.-** Son los problemas presentes que una vez identificado y desarrollando una adecuada estrategia, pueden y deben eliminarse.
- **Oportunidades.-** Son situaciones positivas que se generan en el medio y que están disponibles para todas las empresas, que se convertirán en oportunidades de mercado para la empresa cuando ésta las identifique y las aproveche en función de sus fortalezas.
- **Amenazas.-** Son situaciones o hechos externos a la empresa o institución y que pueden llegar a ser negativos para la misma.

Glosario de Términos

Aluminio: Es un elemento químico de símbolo **Al** y número atómico 13. Se trata de un metal no ferromagnético. Es el tercer elemento más común encontrado en la corteza terrestre. Este metal se extrae únicamente del mineral conocido con el nombre de bauxita, por transformación primero en alúmina mediante el proceso Bayer y a continuación en aluminio metálico mediante electrólisis.

Casco: Parte de la superestructura que conforma una celda P-19 y consiste en una cuba o caja rectangular construida en láminas de acero de 20 mm de espesor.

Deformación: Es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica.

Egreso: Es un gasto, una salida de dinero que una persona o empresa debe pagar para un artículo o por un servicio.

Ingreso: Son todos los activos que perciben las personas, empresas y el estado, puede ser dinero, activo fijo, dinero bancario, etc.

Inversión: Es un término económico, con varias acepciones relacionadas con el ahorro, la ubicación de capital, y la postergación del consumo.

Obsolescencia: Que no se usa en la actualidad, que ha quedado claramente anticuado.

Productividad: Es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.

Prototipo: Primer ejemplar que se fabrica de una figura, un invento u otra cosa, y que sirve de modelo para fabricar otras iguales, o molde original con el que se fabrica.

Reemplazo: Sustitución de una persona o cosa por otra.

Rendimiento: Se refiere a la proporción que surge entre los medios empleados para obtener algo y el resultado que se consigue.

Riesgo: Posibilidad de que se produzca un contratiempo o una desgracia, de que alguien o algo sufra perjuicio o daño.

CAPITULO IV

DISEÑO METODOLÓGICO

En este capítulo, se describen los aspectos referidos al tipo de estudio a desarrollarse, diseño metodológico utilizado, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procedimiento seguido para el cumplimiento de cada uno de los objetivos de la investigación.

4.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación señala, el nivel de profundidad con el cual el investigador aborda el fenómeno u objeto de estudio. En función de la problemática planteada, el tipo de investigación correspondiente es la investigación descriptiva, la cual, como Hernández, Fernández y Baptista (2006) explican:

Una investigación descriptiva consiste en presentar la información tal cual es, indicando cual es la situación en el momento de la investigación analizando, interpretando, imprimiendo, y evaluando lo que se desea.

4.2. Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación viene a ser la estrategia general que se adoptará para responder al problema planteado, en el caso de este estudio corresponde a un diseño no experimental de campo así como también

documental. De acuerdo con Arias (2006), el diseño no experimental de campo consiste en:

La recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna; es decir el investigador obtiene información pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental (p.31)

Así mismo, Arias (2006) señala que la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas (p.25).

4.3. Población y Muestra

La población es un conjunto de individuos de la misma clase, limitada por el estudio. Según Tamayo y Tamayo, (1997), La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población posee una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación.

La muestra es la que puede determinar la problemática ya que les capaz de generar los datos con los cuales se identifican las fallas dentro del proceso. Según Tamayo, T. Y Tamayo, M (1997), afirma que la muestra “Es el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno estadístico”.

Para efectos de esta investigación la población y la muestra son coincidentes, y están representados por todos los casos que pertenecen a la estructura de las celdas electrolíticas de tipo P-19 ubicados en el área de reducción de Venalum.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Luego de haber determinado el alcance, tipo y diseño de la investigación, se establecieron las técnicas a utilizar para la recopilación de información y datos necesarios, dentro de las cuales se pueden mencionar principalmente: Entrevistas no Estructuradas, Observación Directa, Revisión Bibliográfica y web.

- **Entrevistas no estructuradas:** Según Ander E. (1982) dice que: la entrevista no estructurada son preguntas abiertas las cuales se responden dentro de una conversación, la persona interrogada da una respuesta, con sus propios términos (p.227). Las cuales se realizaron a los supervisores y personal que labora en las áreas de Reducción Complejo I (P-19), con el fin de aclarar inquietudes, obteniendo así información precisa del estudio e ideas que sirvan de base para la realización de la investigación precisa y detallada acerca de la situación actual de las actividades realizadas.
- **Observación directa:** Según Sabino (1997), expresa sobre la observación directa que: el uso sistemático de los sentidos en la búsqueda de los datos que se necesitan para resolver un problema de investigación. (p.146). La cual permitió una inspección visual en el área de trabajo, verificar las condiciones del entorno operativo y obtener mayor conocimiento sobre los procedimientos y variables que interactúan en el proceso.

- **Revisión Bibliográfica:** Se analizaron fuentes de información necesaria para la obtención de las técnicas a utilizar para la realización del estudio en general tales como: libros, revistas, enciclopedias, guías, manuales, publicaciones. Así como también Servicio intranet de la Pág. web de Venalum, entre otros documentos relacionados con el proceso que se lleva a cabo en el área de celdas de Reducción I.

4.5. Materiales y Equipos

Los materiales y equipos que se utilizaron para el desarrollo de la investigación fueron:

4.5.1. Recursos físicos

- Lápiz y papel, útiles para recolectar datos e información.
- Calculadora.
- Un computador portátil e impresora.
- Programas de Microsoft Office.
- Medidor de stress térmico.
- Bomba de aspiración de aire.
- Bomba de Aspiración Monitoreo Personal.

4.5.2. Equipos de Protección

Estos equipos fueron necesarios para trabajar fuera y dentro de las áreas industriales de la empresa, los cuales son suministrados por la misma:

- Botas de seguridad.
- Lentes de seguridad.
- Protector respiratorio.

- Camisa.
- Chaqueta (tela jeans).
- Pantalón (tela jeans).
- Guantes de seguridad.

4.5.3. Recursos humanos

- Un asesor académico de ingeniería industrial
- Un asesor industrial de la Gerencia de Investigación y Desarrollo.
- Orientadores y facilitadores del centro de investigación.

4.6. Procedimiento Metodológico

Este estudio se llevó a cabo por medio de las siguientes actividades:

1. Primeramente se realizó la investigación y descripción de la problemática que presenta el área de reducción de VENALUM, específicamente de las deformaciones generadas en los cascos de las celdas P-19.
2. Se recopiló información bibliográfica sobre el mantenimiento aplicado a los cascos, normas de higiene y seguridad laboral y ejecución de proyectos de reemplazos.
3. Se determinó la influencia de la deformación de las paredes de los cascos actuales en el funcionamiento de las celdas y lo que significa para la hermeticidad de las mismas.
4. Por medio del monitoreo de los factores de riesgos presentes en el área de reducción, se cuantificó el nivel de dichos riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores.
5. Se estimaron los costos asociados al mantenimiento aplicado a los cascos.

6. Igualmente se revisaron informes financieros y formatos de precios unitarios de años anteriores para analizar la metodología utilizada por la División de Ingeniería Económica adscrita a la Gerencia de Ingeniería Industrial de VENALUM.
7. Se llevó a cabo la interpretación de los planos del prototipo de casco de celdas P-19 con la cual se determinaron los beneficios y ventajas desde el punto de vista productivo, que posee el prototipo con relación al casco actual.
8. Por medio de los elementos evaluados se realizó la propuesta de reemplazo de los cascos originales por un nuevo diseño de los mismos.
9. De acuerdo a los resultados obtenidos del estudio se concluyó y realizaron recomendaciones con relación a la solución más ventajosa para la empresa.

CAPÍTULO V

SITUACIÓN ACTUAL

El siguiente capítulo comprende la descripción del proceso productivo, se detalla la deformación que presenta actualmente el casco; así como los factores de riesgo que se generan por causa de dicha deformación. Igualmente se muestra las operaciones del mantenimiento que se le realiza a los cascos P-19.

5.1. Descripción del Proceso

La reducción de aluminio se lleva a cabo en una celda de reducción electrolítica. La celda de tipo P-19 es una estructura tecnológica basada principalmente en principios fisicoquímicos con la aplicación de la primera y segunda ley de la Termodinámica y las leyes de Faraday entre otras. Estas estructuras debido a la acción de una corriente de electrones, generada por una fuente exterior a la celda, producen una reacción electrolítica formando productos como el aluminio, monóxido de carbono entre otros.

Para la reducción electrolítica se introduce en la celda la corriente eléctrica (corriente continua) necesaria; a través de los ánodos. Dentro de la celda la corriente fluye a través del electrolito y del metal líquido, hasta el bloque catódico y sale por las barras colectoras.

El proceso consiste en retirar el oxígeno de la alúmina disuelta en un medio electrolítico bajo los efectos de una corriente continua que es

suministrada por una fuente externa. La alúmina se descompone en aluminio y oxígeno molecular el cual se combina con el carbono del ánodo y forma gas carbónico que es liberado. El aluminio precipita en forma líquida en el fondo de la cuba.

A continuación se muestra un esquema representativo de una celda electrolítica, Ver Figura N° 05.

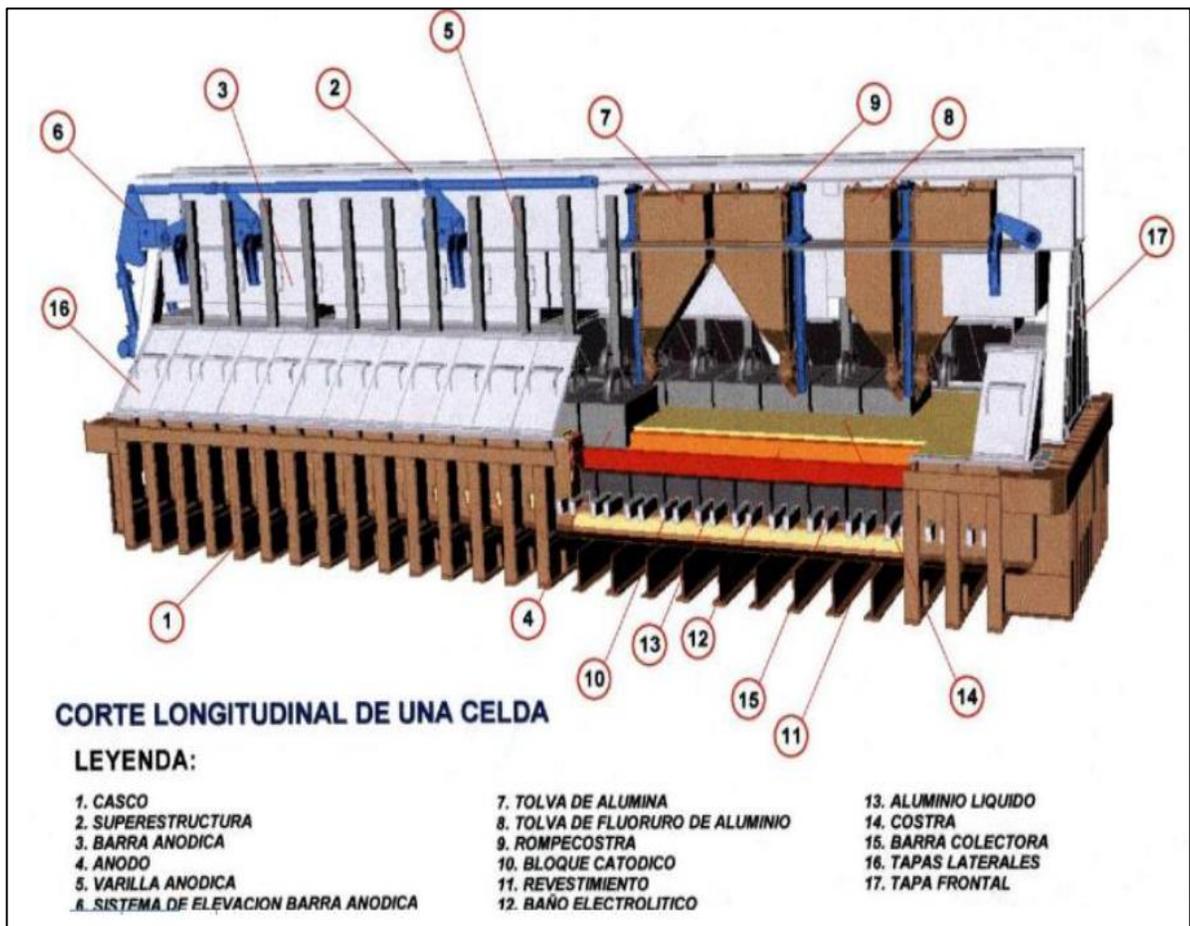


Figura N° 05. Representación esquemática de una celda electrolítica.
Fuente. Informe de Investigación, Centro de Investigación VENALUM, 2006

Una celda de reducción P-19 se divide en dos (2) secciones, principales las cuales son: La Superestructura y el Cátodo.

5.2. Superestructura

La superestructura está configurada por: El sistema de barras conductoras, el puente anódico, tolvas de la Celda, sistema rompe-costra y barras verticales, Ver Figura N° 06.



Figura N° 06. Superestructura celda P-19
Fuente. Autora, 2016

5.3. El sistema catódico

El sistema catódico está constituido por una carcasa metálica de forma rectangular llamada casco, el cual está montado sobre soportes voladizos en forma de rieles, lo que, en conjunto se llama “cuna”; encontrándose dicha carcasa recubierta interiormente por revestimiento de pasta catódica. Además, posee 14 bloques catódicos cada uno de los cuales tiene dos (2) barras colectoras o barras de distribución catódica por donde circula la corriente. Ver Figura N° 07.



Figura N° 07. Sistema catódico
Fuente. Superintendencia de Reacondicionamiento Catódico. VENALUM

5.4. Casco de acero

El casco está fabricado en acero St-37-2; dicho casco posee una forma rectangular con esquinas achafladas y está unido a un conjunto de estructuras en voladizo que forman una “cuna”, las cuales le confieren mayor rigidez al casco. Además, en su parte superior se le instala un elemento denominado plato, aportándole igualmente rigidez y permite apoyar las tapas laterales con el objetivo de obtener mayor hermeticidad de la celda. Ver Figura N° 08 y N° 9.

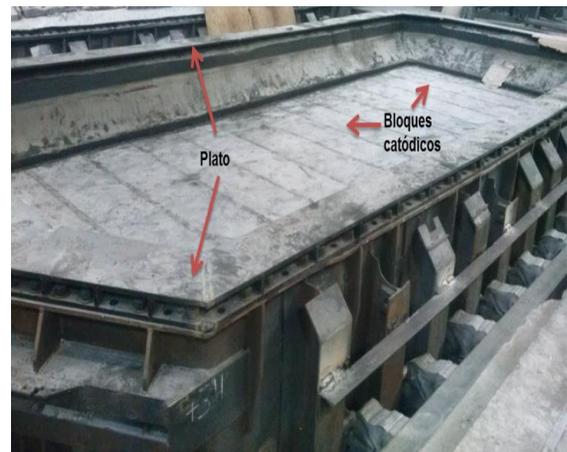
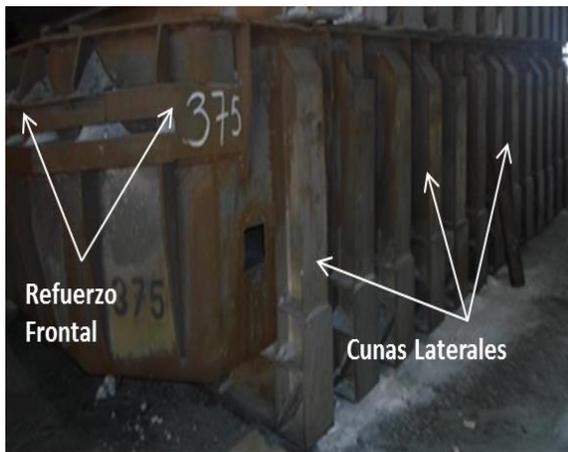


Figura N° 08

Figura N° 09.

Casco de acero de las celdas P-19

Fuente. Autora, 2016

La estructura que da forma y soporta los materiales del revestimiento o conjunto Casco-Plato-Cuna, tiene un peso total de 23.05 toneladas, distribuido en la siguiente proporción (Ver Figura N° 10):

- El casco pesa 11.1 toneladas.
- Las trece cunas pesan 10.1 toneladas.
- El plato pesa 1.85 toneladas.

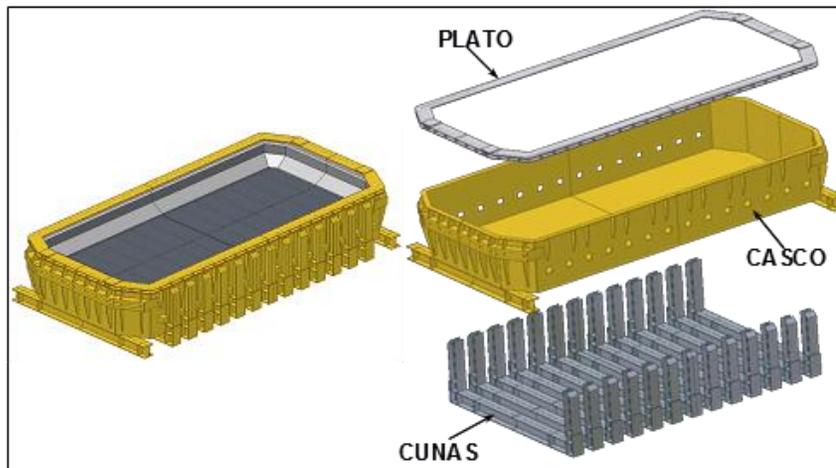


Figura N° 10. Casco original de celda P-19 y sus partes.
Fuente. Informe de Investigación, Centro de Investigación VENALUM, 2013

5.5. Desgaste presente en el Casco actual

Durante el proceso de electrolisis el casco de acero debe soportar tensiones mecánicas, térmicas y alteraciones químicas. La acción combinada de estas tensiones genera esfuerzos en los mismos, las cuales al incrementar continuamente con el tiempo han causado deformaciones permanentes en ellos. Debido a esto la resistencia del casco para soportar la carga de los materiales, revestimiento, metal y baño, se ve reducida y las partes superiores de las caras o paredes comienzan a pandearse tomando la típica forma de óvalo. Ver Figura N° 11.



Figura N° 11. Casco Deformado P-19
Fuente. Informe de Investigación, Centro de Investigación VENALUM, 2009

Producto de dichas tensiones en operación durante largo periodo de tiempo, el conjunto Casco-Plato-Cuna existente en planta presenta disminución de sus propiedades mecánicas, conllevando a excesivas deformaciones de las paredes del casco, desincorporaciones tempranas de su ciclo de operación, como consecuencia del choque térmico y empuje del revestimiento catódico; ocasionando la desmejora del proceso de captación de polvo como consecuencia de una hermeticidad inadecuada y presentado roturas en los cordones de soldadura que se ubican en la zona de unión de los platos.

Durante las primeras horas de operación de una celda (etapa de arranque), todos sus elementos sufren deformaciones importantes; en las cuales la tasa de deformación disminuye durante los días siguientes, manteniéndose un incremento sostenido en las deformaciones post etapa de arranque (durante todo el ciclo de vida). Las tensiones que más influyen en el comportamiento del casco son:

- Las tensiones debido al peso propio de la celda.
- Las tensiones debidas a la distribución de temperaturas en el casco y materiales en el revestimiento del cátodo.
- Las tensiones debidas a la impregnación de sodio en el cátodo durante la operación de la celda, ya que junto con la electrólisis tiene lugar la penetración de sodio y flúor en el revestimiento catódico, generándose tensiones que deforman las paredes del casco.

Debido a que el casco se encuentra expuesto a condiciones de servicio muy exigentes, actualmente y desde el año 2006 se ha implementado, un proceso de enderezado al Casco una vez que es desincorporado de operación, para llevarlo a una geometría admisible para su proceso de producción. Por no ser esta la solución definitiva a la problemática presente; previamente mediante un estudio de ingeniería, se realizó el diseño de un

prototipo. Una nueva estructura metálica del conjunto Casco-Plato-Cuna, tomando en cuenta que esta nueva estructura posea la rigidez necesaria para adecuarse mayoritariamente a las variables operacionales a las que está sometida constantemente y sin violar las restricciones geométricas existentes; incrementando la vida del casco y de la celda en operación.

5.6. Diagrama Causa – Efecto de los factores que intervienen en el deterioro de la estructura actual de los Cascos

A continuación se presenta el Diagrama Causa – Efecto de los factores que intervienen en el deterioro de la estructura actual de los casco de las celdas P-19, en base a las “4M” de las cuales se analizaron las siguientes (Ver Figura N° 12).

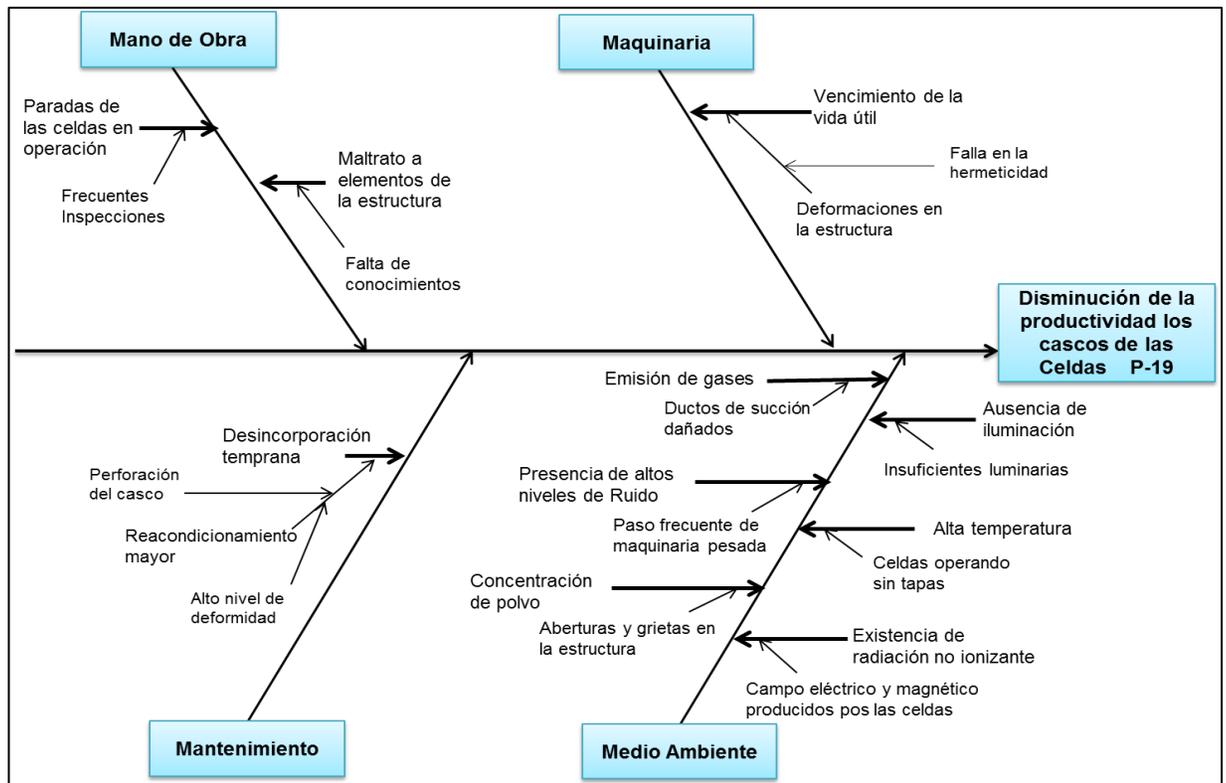


Figura N° 12. Diagrama Causa - Efecto
Fuente. Autora, 2016

La disminución de las propiedades mecánicas y las fallas en las funciones operativas de los cascos y por ende de las celdas, han causado déficits en su productividad. Existen determinados factores que están ligados con dichas fallas, como por ejemplo:

- **Mano de Obra:** Los operarios del área de Reducción I, accidentalmente dañan los elementos que conforman la estructura por falta de conocimiento o desidia. Igualmente el tiempo que toman las paradas de las celdas por las inspecciones que se les realiza, influye notablemente.
- **Maquinaria:** El vencimiento de la vida útil de los cascos es el principal causante del resto de los deterioros, tales como; las deformaciones en la estructura, e igualmente la falta de un soporte firme y estable. La hermeticidad también afecta la productividad porque al fallar disminuye la captación de polvo y gases, importantes en el proceso.
- **Mantenimiento:** Cuando la celda presenta falla en operación es desincorporada para realizarle mantenimiento. Actualmente por las condiciones de las mismas el mantenimiento aplicado requiere de reparaciones mayores, en donde se emplea mayor tiempo y por ende la celda se encuentra más tiempo fuera de servicio.
- **Medio Ambiente:** Las condiciones actuales de las celas afectan el entorno del operador debido a los factores de riesgos a los que se encuentran expuestos. La emisión de gases y concentraciones de polvos, las altas temperaturas, la presencia de radiaciones no ionizantes, el ruido y la ausencia de iluminación, juntos se traducen en altos niveles de fatiga y bajo desempeño por parte del trabajador.

5.7. Prototipo de Casco de Celda P-19

Basados en la misma problemática planteada, previamente mediante un estudio de ingeniería se diseñó de una nueva estructura metálica del conjunto Casco-Plato-Cuna de Celda P-19 de Venalum. En términos generales la propuesta va enfocada a optimizar el desempeño operativo del Conjunto Casco-Plato-Cuna de Celda P-19 de Venalum ubicados en los Complejos I y II; con la finalidad de alargar la vida operativa de dicho conjunto. A continuación se muestra un análisis mediante matriz FODA.

5.7.1. Matriz FODA

Para el siguiente diagnóstico se utilizó una Matriz FODA, la cual mediante su análisis se llegó a determinar las *Fortalezas* (factores internos con los que se cuenta), las *Oportunidades*, (factores externos positivos que se aprovecharán utilizando las fortalezas), la *Debilidades*, (factores internos negativos que se deben eliminar o reducir) y *Amenazas*, (factores externos que podrían obstaculizar el logro de nuestros objetivos). Ver Tabla N° 10.

Fortalezas

- El nuevo diseño de Casco favorece a una mejor hermeticidad ya que posee mayor rigidez en una sola estructura.
- La nueva estructura requiere menos mantenimiento (reparación Mayor), disminuyendo así el costo del mismo.
- Debido a las mejoras mecánicas el prototipo tendría mayor tiempo de vida operativa.

Debilidades

- Disminución del capital de la empresa por costo de fabricación.
- Igualmente será necesario realizarle mantenimientos y reparaciones.

- Se estima que su tiempo de vida útil está solo 10 años por encima de la estructura actual

Oportunidades

- El proyecto cuenta con el respaldo de la gerencia de investigación y desarrollo para llevar a cabo los estudios de factibilidad necesarios para su ejecución.
- La empresa cuenta con experiencia en estudios técnicos para reemplazos de equipos.
- VENALUM ha realizado anteriormente reemplazos de equipo de manera exitosa, Además este reemplazo cuenta con la garantía de índices de rentabilidad

Amenazas

- Puede que el diseño del prototipo una vez fabricado y puesto en operación no cubra en un cien por ciento las expectativas planteadas.
- Una vez realizados los estudios de factibilidad necesarios se requerirá de una empresa externa para llevar a cabo la construcción del prototipo, generando un costo de inversión inicial.
- Se podrían presentar limitaciones de incumplimiento de contrato por parte de la empresa que llevará a cabo la construcción del prototipo.

5.7.2. Representación de Matriz FODA: (Ver tabla N° 10)

Tabla N° 10. Matriz FODA

<p>FACTORES INTERNOS</p> <p>FACTORES EXTERNO</p>	<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • El nuevo diseño de Casco favorece a una mejor hermeticidad ya que posee mayor rigidez en una sola estructura. • La nueva estructura requiere menos mantenimiento (Reparación mayor), disminuyendo así el costo del mismo. • Debido a las mejoras mecánicas el prototipo tendría mayor tiempo de vida operativa 	<p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disminución del capital de la empresa por costo de fabricación. • Igualmente será necesario realizarle mantenimientos y reparaciones. • Se estima que su tiempo de vida útil está solo 10 años por encima de la estructura actual.
<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • El proyecto cuenta con el respaldo de la gerencia de investigación y desarrollo para llevar a cabo los estudios de factibilidad necesarios para su ejecución. • La empresa cuenta con experiencia en estudios técnicos para reemplazos de equipos. • VENALUM ha realizado anteriormente reemplazos de equipo de manera exitosa. Además este reemplazo cuenta con la garantía de índices de rentabilidad. 	<p>ESTRATEGIAS FO</p>	<p>ESTRATEGIAS DO</p>
<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puede que el diseño del prototipo una vez fabricado y puesto en operación no cubra en un cien por ciento las expectativas planteadas. • Una vez realizados los estudios de factibilidad necesarios se requerirá de una empresa externa para llevar a cabo la construcción del prototipo, generando un costo de inversión inicial. • Se podrían presentar limitaciones de incumplimiento de contrato por parte de la empresa que llevara a cabo la construcción del prototipo. 	<p>ESTRATEGIAS FA</p>	<p>ESTRATEGIAS DA</p>

Fuente. Autora, 2016

5.8. Área de Reducción I

Reducción I está compuesto por 2(dos) líneas de celdas (Línea 1 y línea 2) que se dividen en 4(cuatro) salas y 8 secciones para un total de 360 celdas, ubicadas en naves techadas para su operación, cada línea requiere de 2 grúas tipo puente en funcionamiento, las cuales están ubicadas a una altura de 10 metros aproximadamente; también cuenta con una sala de compresores que son los que generan aire comprimido para ejecutar la mayoría de las operaciones y posee un sistema de monitoreo por equipos de computadoras. Ver Fig. N° 13.

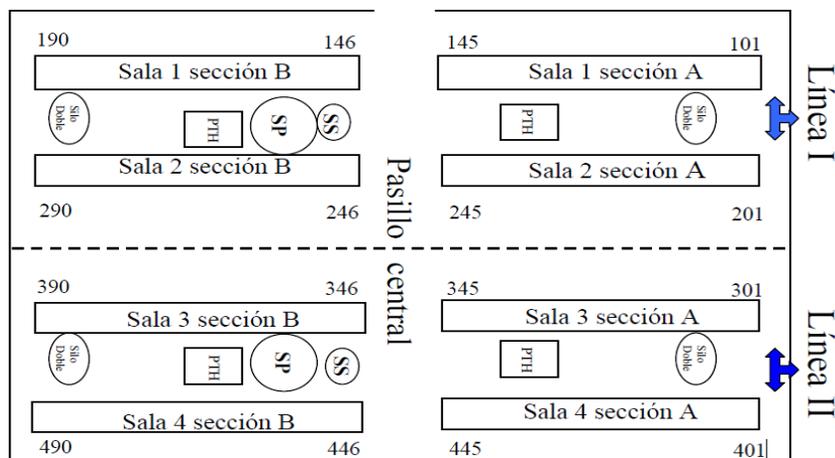


Figura N° 13. Mapa de área de Reducción
Fuente: Centro de Investigación VENALUM, 2006

5.9. Factores de Riesgo en el Área de Reducción I

El área de Reducción I presenta varios Factores de Riesgos, en los que se destacan los generados por el deterioro del Casco en operación, los cuales fueron evaluados con el fin de determinar su grado de intensidad y verificar si se encuentran dentro de los valores permisibles establecidos en las respectivas Normas Venezolanas COVENIN.

5.9.1. Valores límites permisibles de los Factores de Riesgo establecidos en las respectivas Normas Venezolanas COVENIN

5.9.1.1. Factor de Riesgo: Ambiente térmico (Ver tabla N° 11)

Tabla N° 11. Valores límites permisibles

Pictograma	Régimen de trabajo-descanso	Carga de trabajo		
		Liviano	Moderado	Pesado
	Trabajo continuo	30	26,7	25
	75% Trabajo 25% Descanso, cada hora	30,6	28	25,9
	50% Trabajo 50% Descanso, cada hora	31,4	29,4	27,9
	25% Trabajo 75% Descanso, cada hora	32,2	31,1	30

Fuente. Norma CONENIN 2254-95

5.9.1.2. Factor de riesgo: Polvo (Ver tabla N° 12)

Tabla N° 12. Valores límites permisibles

Pictograma	Sustancias	CAP (mg/m ³)
	Partículas (insolubles) no clasificadas de otro modo	10 mg/m ³

Fuente. Norma CONENIN 2253

5.9.1.3. Factor de riesgo: Fluoruros totales (Ver Tabla N° 13)

Tabla N° 13. Valores límites permisibles

Pictograma	Valor máximo permisible (mg/m ³)
	2,5mg/m ³ .

Fuente. Norma COVENIN 3070-94

Nota: No clasificado como cancerígeno en humano.

5.9.1.4. Factor de riesgo: Iluminación (Ver tabla N° 14)

Tabla N° 14. Valores límites permisibles

Pictograma	Área o tipo de actividad	Iluminación (Lux)			Tipo de iluminación
		A	B	C	
	Realización de tareas visuales con objetos grandes o contraste elevado	200	300	500	Local en el área de la tarea L

Fuente. Norma COVENIN 2249-1993

5.9.1.5. Factor de riesgo: Ruido (Ver tabla N° 15)

Tabla N° 15. Valores límites permisibles

Pictograma	tiempo	Duración de la exposición	Nivel de sonido dBA
	Horas	8	85
		4	88
		2	91
		1	94
	Minutos	30	97
		15	100
		7,5	103
		3,75	106
		1,88	109
		0,94	112
	Segundos	28,12	115
		14,06	118
		7,03	121
		3,52	124
		1,76	127
		0,88	130
		0,44	133
0,22	136		
0,11	139		

Fuente. Norma COVENIN 1565-1995

5.9.1.6. **Factor de riesgo: Radiaciones no ionizantes** (Ver tabla N° 16)

Tabla N° 16. Valores límites permisibles

Pictograma	Rango de frecuencia	LÍMITES (P.O.E. y áreas de trabajo)	
		E(Kv/m)	H(A/m)
	>25 – 300 Hz	500.000/f	20.000/f

Fuente. Norma COVENIN 2238-2000

E= Campo eléctrico

H= Campo magnético

5.10. Situación actual de la cuantificación de Factores de Riesgos presentes en Reducción I

5.10.1. Ambiente Térmico (Ver tabla N° 17)

Tabla N° 17. Monitoreo de Ambiente Térmico

Tarea/Lugar	Temperatura (°C)		Tiempo de Exposición	Temperatura (°C) TGBH
	thn	tg		
Subida de Punte Encima de la Tapa (Ajuste). Remarcando los Carbones.	28,1 27	43,7 39,4	Variable	32,7 31
Cambio de Carbón Quitando las Tapas. Remarcando los ánodos retirados Rastillando el hueco para desnatar la celda (Con Grúa).	26,6 27,2 27,5	37,2 39,2 45,2	Variable	29,9 30,8 32,9
Trasegado	27	36,8	Variable	29,9
Banqueo de ánodos	26,8	40,3	Variable	31,3
Desnatado	29,7	36,5	Variable	31,7
Trasegado de Crisolito	27,2	35,4	Variable	29,6
Mediciones de Baño de Metal	27,4	42,1	Variable	31,7
Pasillo Angosto	33	44	Variable	36,3
Pasillo Ancho	31	36	Variable	32,5

Observaciones: Los valores obtenidos por el instrumento de medición de temperatura (Medidor de Stress Térmico - Marca Quest) en las actividades mostradas, son donde el trabajador se encuentra más expuesto. El TGBH calculado es el obtenido sin exposición solar.

Fuente. Autora

- Con este monitoreo se logró registrar los valores a los cuales se encuentran sometidos los trabajadores diariamente. Los cuales están entre **29,6** y **36,3 °C**.

5.10.2. Polvo (Ver tabla N° 18)

Tabla N° 18. Monitoreo de Polvo Ambiental

Fecha	N° de muestra	Lugar de muestreo	Peso Inicial	Peso Final	Volumen (L)	Tiempo (min)	Concentraciones de polvo
21/01/2016	Muestra N°1	CELDA 118 - Pasillo Ancho (Monitoreo Total)	13.3	14.1	522	348	C total= 0,8 mg/m ³
21/01/2016	Muestra N°2	CELDA 118 - Pasillo Ancho (Monitoreo Respirable)	14.7	15	586	345	C resp= 0,3 mg/m ³
22/01/2016	Muestra N°3	CELDA 118 - Pasillo Ancho (Monitoreo Total)	11.3	12.4	528	352	C total= 1,1 mg/m ³
22/01/2016	Muestra N°4	CELDA 118 - Pasillo Ancho (Monitoreo Respirable)	15.7	16	600	353	C resp= 0,3 mg/m ³

Nota: El monitoreo de polvo ambiental que realizado se divide en Polvo Total y Polvo Respirable.

Fuente. Autora

El registro de las concentraciones de polvos obtenidas son las siguientes:

- Promedio de Concentración de Polvo Ambiental (Respirable)= **0,5 mg/m³**.
- Promedio de Concentración de Polvo Ambiental (Total)= **1,8 mg/m³**.

5.10.3. Fluoruros Totales (Ver tabla N° 19)

Tabla N° 19. Muestreo de Fluoruros Totales

Lugar	Muestra No	Fecha	Volumen de aire muestreado (L)	Fluoruros totales (ppm)	Concentración Fluoruros totales (mg/m³)
Red. I, celdas I, sala 2-A	1	21/07/2016	692		
Red. I, celdas I, sala 2-B	2	22/07/2016	728	35,84	2,46
Red. I, celdas I, sala 1-B	3	23/07/2016	694	11,19	0,81
Red. I, celdas I, sala 2-B	4	27/07/2016	690	21,52	1,56
Red. I, celdas I, sala 2-A	5	29/07/2016	688	12,3	0,89
Red. I, celdas I, sala 1-A	6	30/07/2016	696	23,66	1,69
Red. I, celdas I, sala 1-B	7	03/08/2016	694	23,92	1,69
Red. I, celdas I, sala 1-A	8	04/08/2016	696	11,15	0,8
Observaciones: La muestra N° 1 se descartó porque al retirar el equipo de muestreo, los portafiltros se habían desprendido de la manguera.					

Fuente. Departamento Higiene Ocupacional.

- Según el monitoreo realizado el promedio de concentración Fluoruros Totales= **1,4 mg/m**

5.11. Diagramas de procesos de producción actual en el departamento de reacondicionamiento catódico complejo I (P-19), en la empresa Venalum.

Los diagramas de procesos que se muestran a continuación, reflejan las actividades que realiza el departamento de Reacondicionamiento Catódico para llevar a cabo el mantenimiento general de toda la Celda; tanto para Superestructura como para el Casco. Desde su desincorporación hasta su puesta en funcionamiento. Siendo el centro de interés el diagrama donde se muestra el reacondicionamiento del Casco o Cátodo. Ver Figuras N° 14 – N° 18.

Proceso: Desmontaje De Celdas P-19
Inicio: Celda Fuera de Servicio
Fin: Bimetálico Preparado
Fecha: 02/08/2013
Método: Actual
Seguimiento: (CELDAS P-19)

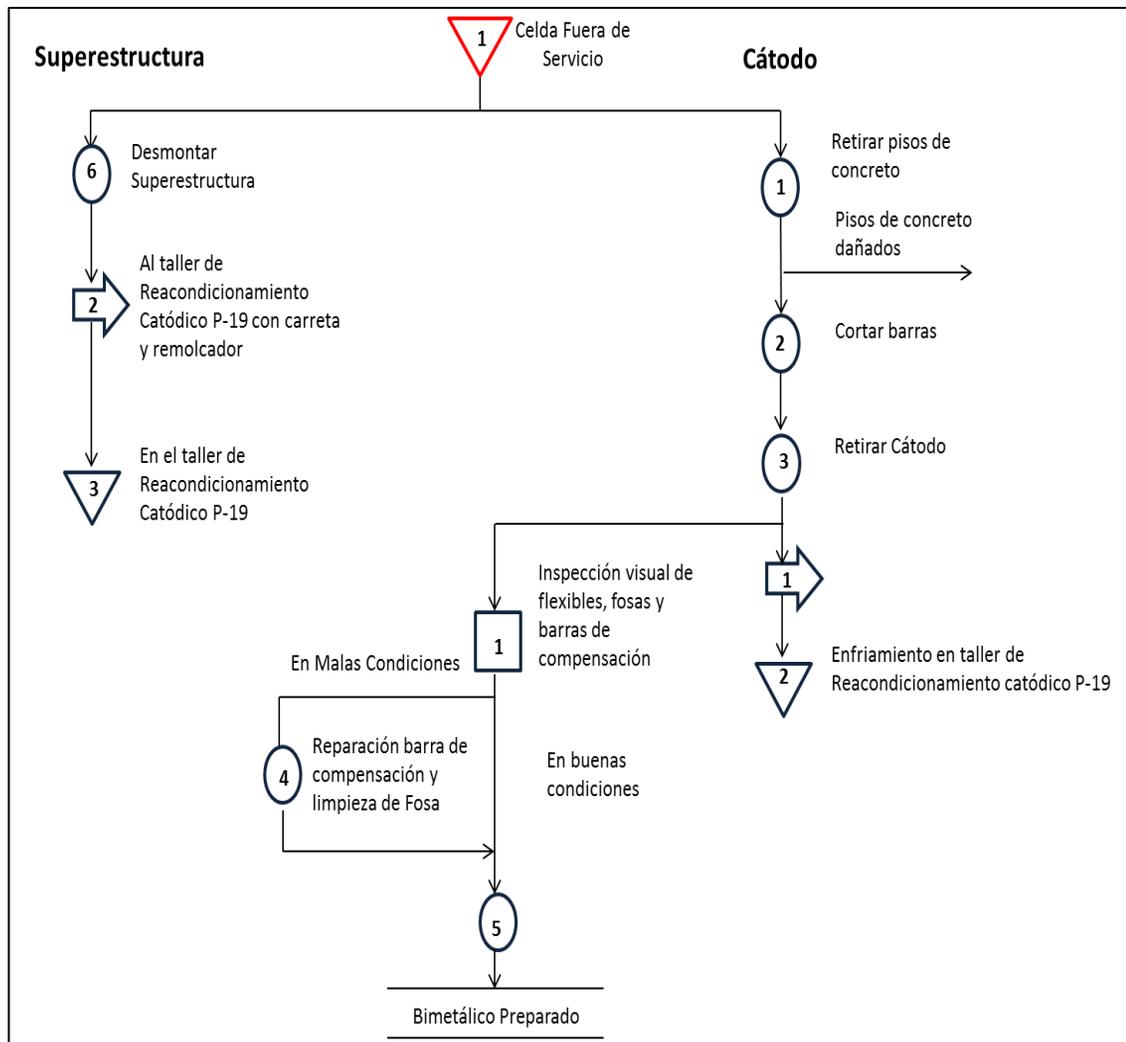


Figura N° 14. Desmontaje de Celdas P-19
Fuente: Reacondicionamiento Catódico.

RESUMEN		
OPERACIONES	○	06
INSPECCIONES	□	01
TRASLADO	➔	02
DEMORAS	D	00
ALMACENAMIENTOS	▽	03
TOTAL		12

Proceso: Reacondicionamiento De Superestructura (Celdas P-19)

Inicio: Superestructura

Fin: En área de Reacondicionamiento de Superestructura

Fecha: 02/08/2013

Método: Actual

Seguimiento: (Celdas P-19)



RESUMEN		
OPERACIONES	○	10
INSPECCIONES	□	01
TRASLADO	⇨	00
DEMORAS	D	01
ALMACENAMIENTOS	▽	02
TOTAL		14

Figura N° 15. Reacondicionamiento de Superestructura P-19

Fuente: Reacondicionamiento Catódico.

Proceso: Reacondicionamiento De Cátodo (Celdas P-19)

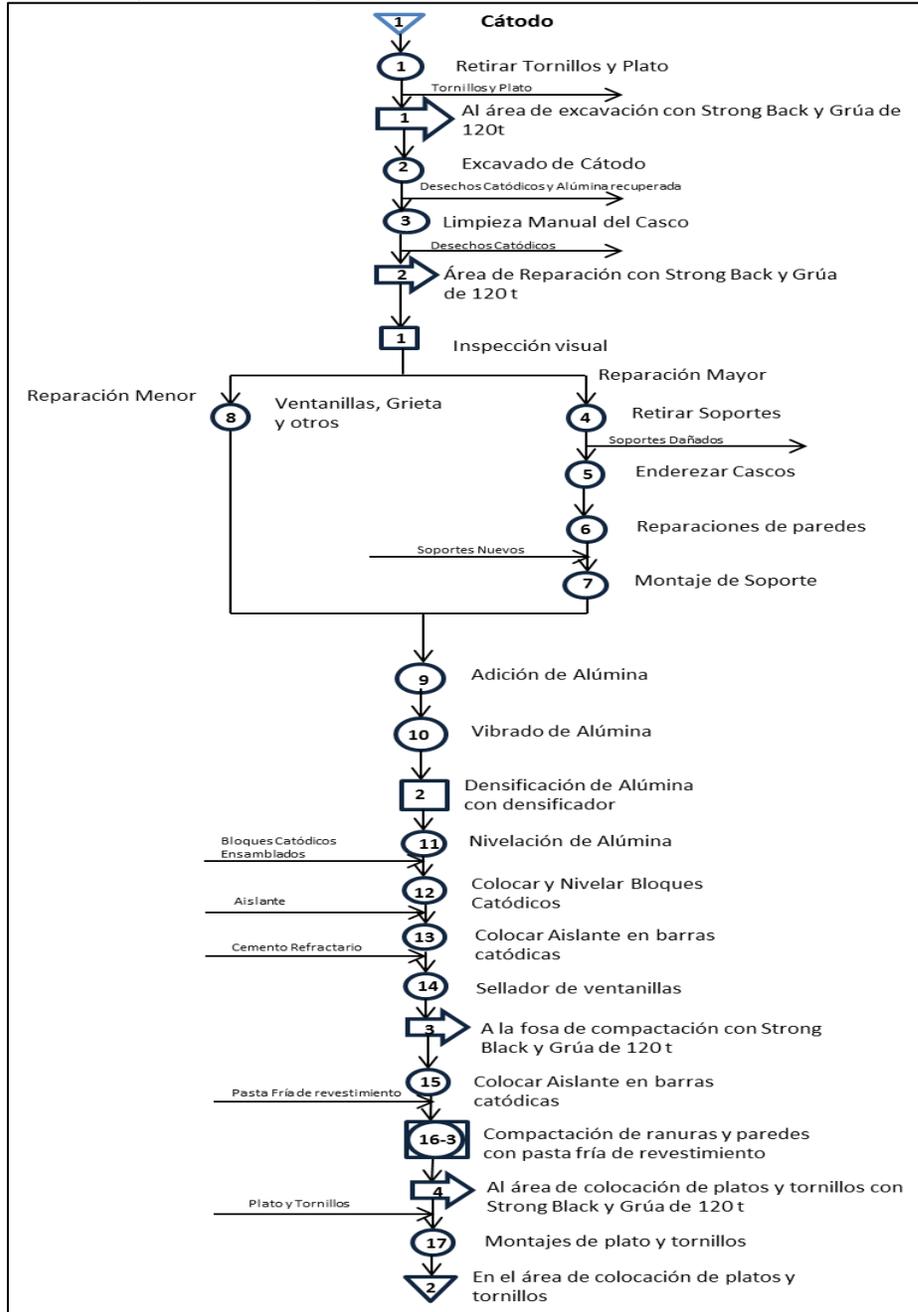
Inicio: Cátodo

Fin: En área de colocación de Plato y Tornillos

Fecha: 19/08/2013

Método: Actual

Seguimiento: (Celdas P-19)



RESUMEN		
OPERACIONES	○	17
INSPECCIONES	□	03
TRASLADO	⇨	04
DEMORAS	D	00
ALMACENAMIENTOS	▽	02
TOTAL		26

Figura N° 16. Reacondicionamiento de Cátodo

Fuente: Reacondicionamiento Catódico.

Proceso: Ensamblajes De Bloques Catódicos

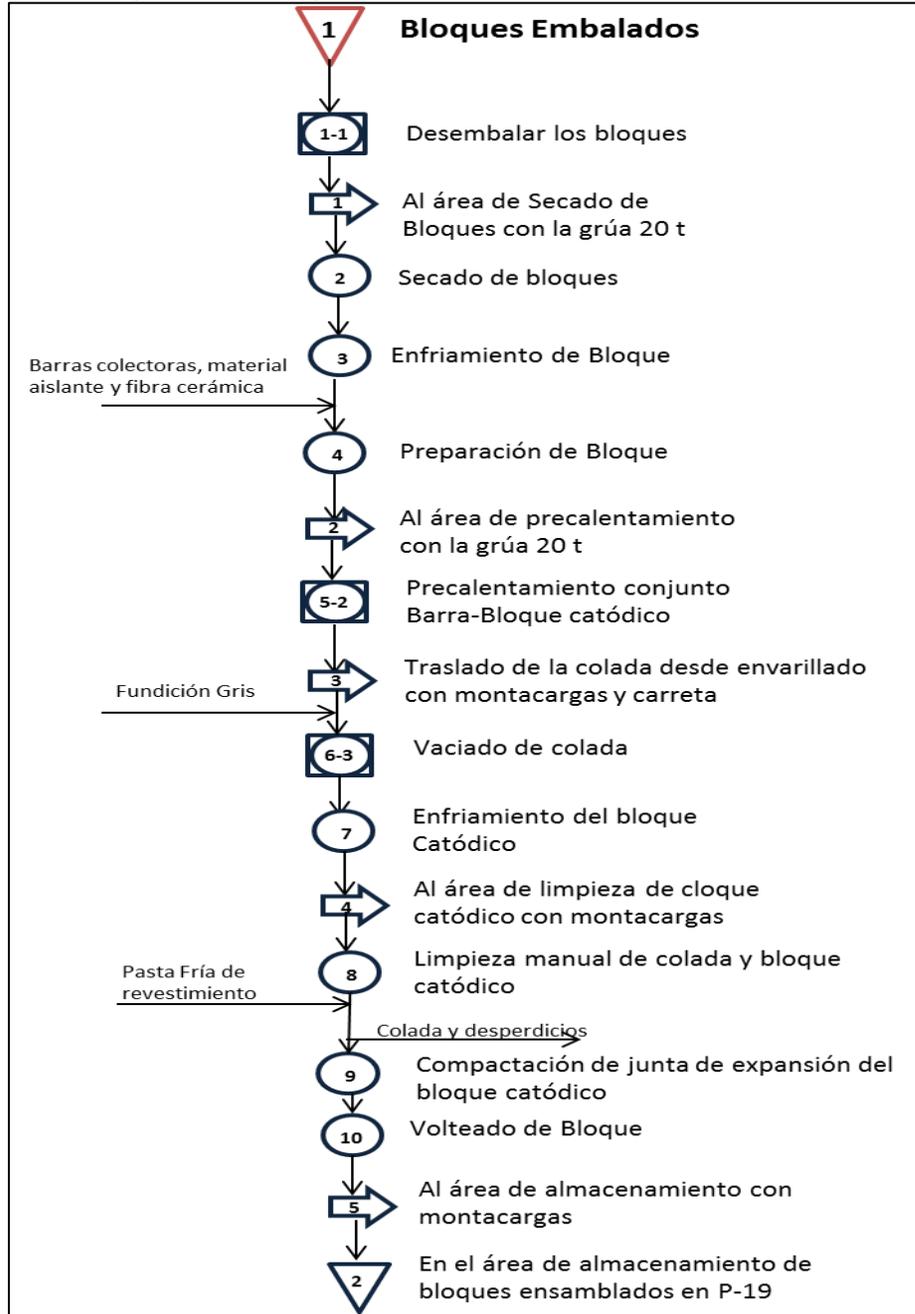
Inicio: Bloques Ensamblados

Fin: A Área de Almacenamiento de Bloques Ensamblados

Fecha: 19/08/2013

Método: Actual

Seguimiento: (Celdas P-19)



RESUMEN		
OPERACIONES	○	10
INSPECCIONES	□	03
TRASLADO	⇨	05
DEMORAS	D	00
ALMACENAMIENTOS	▽	02
TOTAL		20

Figura N° 17. Ensamblajes De Bloques Catódicos

Fuente: Reacondicionamiento Catódico.

Proceso: Montaje De Celdas P-19

Inicio: Superestructura Reacondicionada y cátodo reacondicionado

Fin: Celda Reacondicionada

Fecha: 19/08/2013

Método: Actual

Seguimiento: (Celdas P-19)

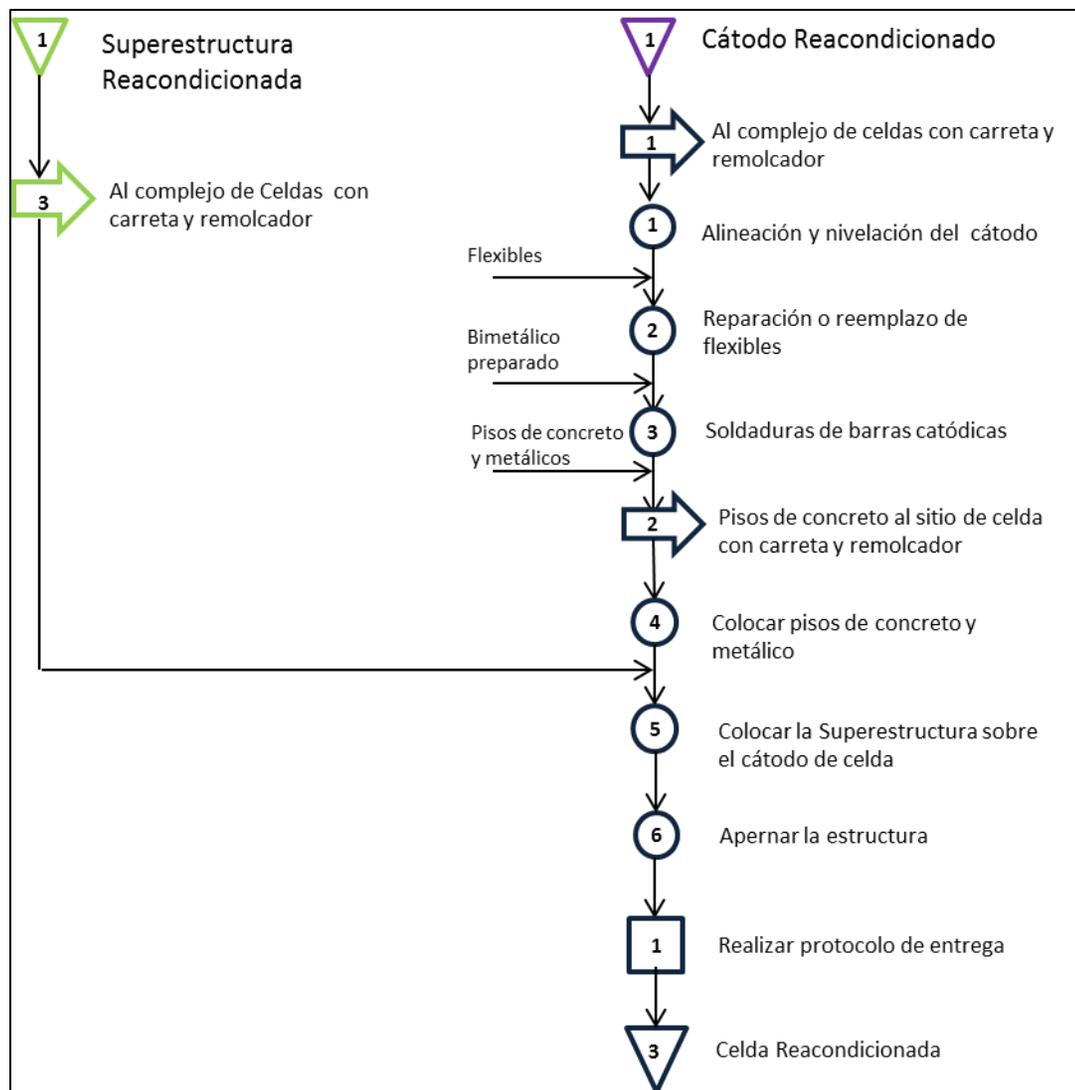


Figura N° 18. Montaje de Celda P-19
Fuente: Reacondicionamiento Catódico.

RESUMEN		
OPERACIONES	○	06
INSPECCIONES	□	01
TRASLADO	⇨	03
DEMORAS	D	00
ALMACENAMIENTOS	▽	03
TOTAL		13

5.12. Descripción del proceso de producción actual en el departamento de reacondicionamiento catódico complejo I (P-19), Venalum

El proceso que maneja el departamento de reacondicionamiento catódico es un sistema de secuencia. Donde el primer lugar se retira la Superestructura y se traslada para ser reacondicionada, seguido del retiro de cátodo e igualmente su reacondicionamiento. Una vez concluido el mantenimiento del casco se procede al ensamblaje de los bloques catódico. Finalmente al haber cumplido con este proceso, se traslada la Superestructura y el Casco a su lugar de destino y se realiza el montaje de ambos. Ver Figura N° 19.

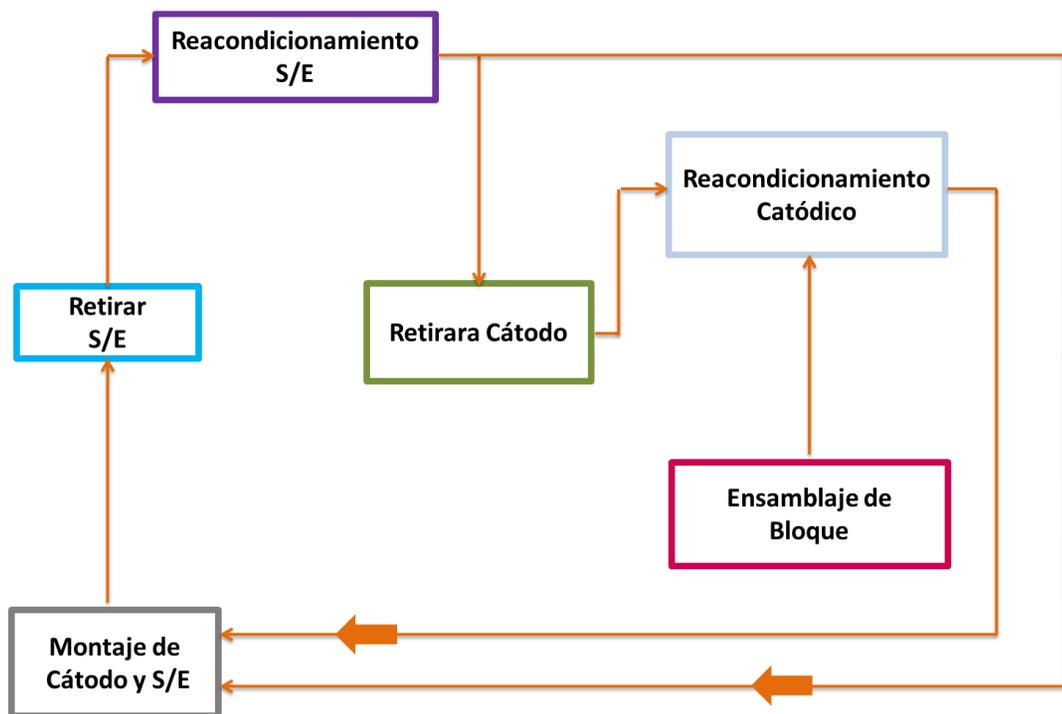


Figura N° 19. Descripción del proceso general de producción actual P-19
Fuente: Autora, 2016

Para la realización de cada actividad de mantenimiento a las celdas, se cuenta con un número de trabajadores y un tiempo de operación preestablecido por el departamento de Reacondicionamiento Catódico. Los cuales se muestran en las siguientes tablas. (Ver tablas N° 20 – N° 25).

Tabla N° 20. Retirado de Superestructura

ACTIVIDAD	PERSONAL	TIEMPO	TRASLADO
Retirar Super Estructura	05 Reacondicionares	4 horas	1 hora
	01 Operador		
	01 Supervisor		

Fuente: Reacondicionamiento Catódico

Tabla N° 21. Reacondicionamiento de Superestructura

ACTIVIDAD	PERSONAL	TIEMPO
Reacondicionar Superestructura	02 Mecánicos	8 horas
	02 Soldadores	

Fuente: Reacondicionamiento Catódico

Tabla N° 22. Retirado de Cátodo

ACTIVIDAD	PERSONAL	TIEMPO	TRASLADO
Retirar Cátodo	05 Reacondicionares	8 horas	1 hora
	01 Operador		
	02 Soldadores		
	01 Supervisor		

Fuente: Reacondicionamiento Catódico

Tabla N° 23. Reacondicionamiento de Cátodo

ACTIVIDAD	PERSONAL	TIEMPO	TRASLADO
Retiro de Plato	03 Reacondicionadores	4 horas	30 min
	01 Operador		
Excavación	03 Reacondicionadores	7 horas	1 hora
	02 Operadores		
Reparación Mayor	Retirar soporte	02 Operadores	1 hora
	Enderezado	03 Reacondicionadores	8 horas
		02 Soldadores	
	Reparación	01 Reacondicionador	48 horas
		02 Soldadores	
01 Operador			
Montar soporte	02 Operadores	1 hora	
Limpieza	01 Reacondicionador	4 horas	
Preparación	05 Reacondicionadores	8 horas	
	01 Soldador		
	01 Operador		
Compactación	04 Reacondicionadores	8 horas	
	01 operador		
Colocación de Plato	05 Reacondicionadores	8 horas	
	04 Soldadores		

Fuente: Reacondicionamiento Catódico

Tabla N° 24. Montaje de Cátodo y Superestructura

ACTIVIDAD	PERSONAL	TIEMPO
Repique	05 Reacondicionares	8 horas
	01 Operador	
	02 Soldadores	
Montaje de Cátodo	05 Reacondicionares	8 horas
	02 Operador	
	04 Soldadores	
Montaje Superestructura	05 Reacondicionares	4 horas
	02 Operador	
	02 Soldadores	

Fuente: Reacondicionamiento Catódico

Tabla N° 25. Ensamblaje de bloque

ACTIVIDAD	PERSONAL	TIEMPO
Preparación y	05 Reacondicionares	8 horas
Ensamblaje	01 Operador	
Limpieza y Compactar	05 Reacondicionares	8 horas
	02 Operador	
	02 Soldadores	

Fuente: Reacondicionamiento Catódico

El mantenimiento a las celdas P-19 es el factor más importante para el buen funcionamiento de las misma, ya que es el proceso donde se le otorga lo necesario para que lleve a cabo su labor. Es por ello, que el departamento de reacondicionamiento catódico tiene la responsabilidad de cumplir bajos los estrictos parámetros de calidad la desincorporación, reacondicionamiento y su reincorporación a planta de las celdas.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran los resultados y los diversos análisis realizados para llevar a cabo la propuesta de reemplazo de los actuales Casco de Celdas P-19.

6.1. Influencia de la deformación del casco en el funcionamiento de la celda

Durante el proceso de reducción que ocurre en las celdas electrolíticas se generan gases que contienen, entre otros compuestos fluorinados: principalmente HF (fluoruro de hidrógeno) gaseoso y partículas que contienen flúor. Dado que estos compuestos son necesarios en el proceso, tienen un costo elevado y además son contaminantes, las líneas de celdas disponen de un sistema de tratamiento (planta de tratamiento de humos FLAKT (P.T.H)) que recoge los gases del proceso y recupera el flúor de los mismos, para devolverlo al proceso en la alúmina secundaria.

El pandeo de las paredes laterales que presenta la estructura del Casco generada por los factores mecánicos y térmicos, afecta directamente a la hermeticidad, impidiendo que la P.T.H cumpla su función. Ver figura N° 20.



Figura N° 20. Celda P-19, fuera de servicio
Fuente. Autora, 2016

La forma curva que toman las paredes laterales impide la colocación de las tapas de la celda, las cuales juegan el principal papel en la hermeticidad de la misma. (Ver Figuras N° 21 y N° 22).



Figura N° 21. Celda P-19, con tapas laterales
Fuente. Autora, 2016



Figura N° 22 Celda P-19, sin tapas laterales
Fuente. Autora, 2016

Al igual que el casco las tapas laterales se deforman permanentemente en varias zonas de su estructura. Esto se debido a:

- Las operaciones llevadas a cabo en las celdas (cambio de carbón y banqueo de ánodos, etc.) donde se utiliza la grúa, se ejecuta de manera descuidada por parte del operador.
- Las tapas son golpeadas por la parte inferior de la cabina de la grúa y por la ploga, generándole abolladuras. (Ver Figura N° 23).



Figura N° 23. Celda P-19, tapas laterales dañadas
Fuente. Autora, 2016

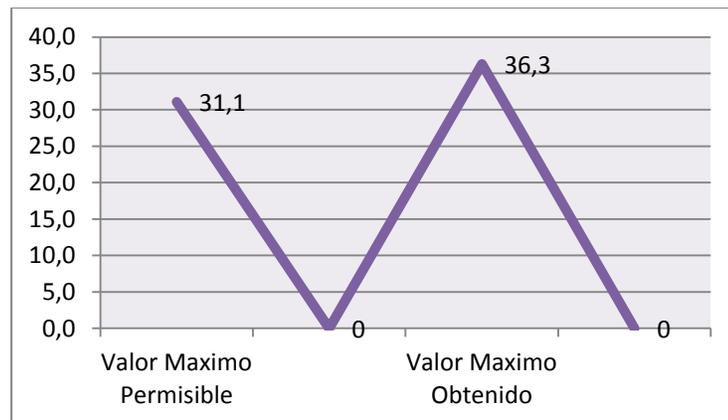
Las tapas deterioradas por el uso rutinario más la deformidad que presentan las paredes del casco, causa que dichas tapas no encajen en el marco que tiene la estructura para tal fin. Todo lo antes mencionado tiene como efecto la liberación a la atmósfera de elementos como; gases fluorinados, partículas en los humos de celdas tales como: hollín, alúmina, criolita, fluoruro de aluminio y fluoruro de calcio. Elementos que por la condición de baja hermeticidad no logran ser absorbidos por la P.T.H, influyendo además en las condiciones del medio ambiente de trabajo afectando de una manera u otra la salud del trabajador.

6.2. Factores de Riesgo

Con el monitoreo de cada uno de los factores de riesgo que se encuentran presentes en el área de Reducción I por causa de la deformación actual en el casco de la celda, se cuantificaron aquellos riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores, los cuales se concretan a continuación:

6.2.1. Monitoreo Ambiente Térmico

El registro de Temperatura en las celdas se encuentra entre 29,9°C y 36,3°C; dichos valores están fuera del rango recomendado en la Norma Venezolana COVENIN 2254:1995 “Calor y Frío, límites máximos permisibles de exposición en lugares de trabajo”, con límites de exposición recomendado de 31,1°C para trabajos moderados. (Ver gráfica N° 02).

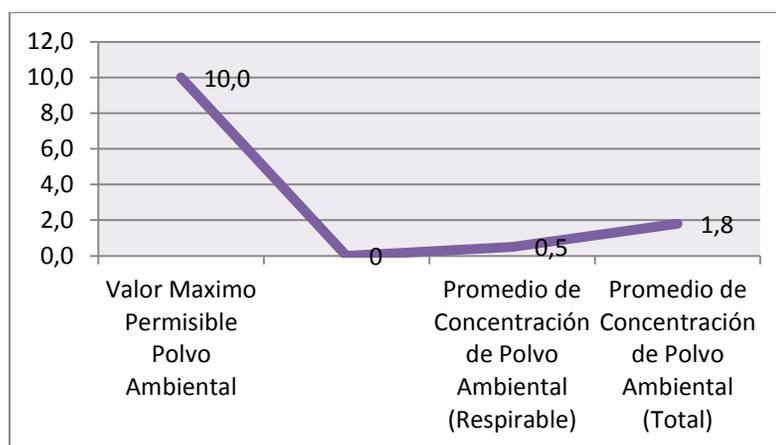


Gráfica N° 02. Valor de Exposición Máxima.
Fuente. Autora, 2016

Estos valores de temperatura tienen origen debido a la naturaleza del proceso llevado a cabo en ésta área, además de las bajas condiciones de hermeticidad en que se encuentran las celdas.

6.2.2. Monitoreo Polvo Ambiental

La Concentración Ambiental Permissible (CAP) establecida en la Norma COVENIN 2253 para Partículas no clasificadas de otro modo, Fracción Inhalable, es de 10 mg/m^3 . Según el monitoreo de polvo realizado en el área de Reducción I, los valores promedios de la Concentración de Polvo Ambiental obtenidos, tanto en las muestras ambiental total como en las muestras ambiental respirables ($1,8 \text{ mg/m}^3$ y $0,5 \text{ mg/m}^3$ respectivamente) se encuentran por debajo del límite permisible. Ver gráfica N° 03.



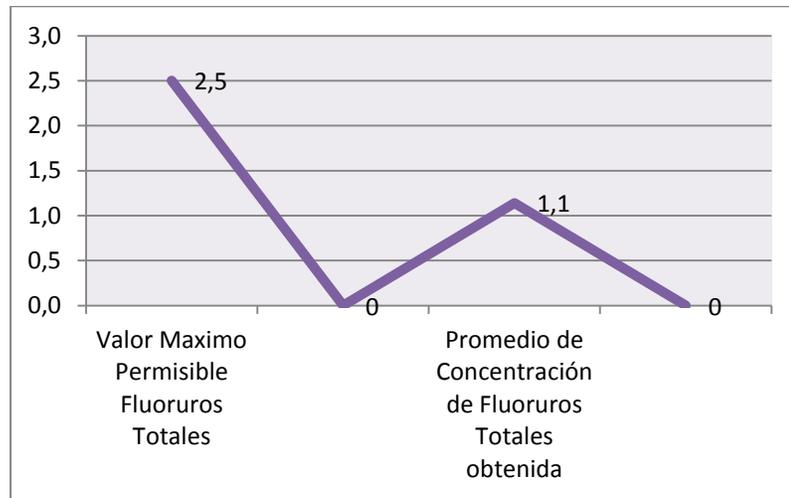
Gráfica N° 03. Valor de Exposición Máxima.
Fuente. Autora, 2016

Los resultados del monitoreo presentado en la gráfica anterior, indican que los niveles de Polvos a los que se encuentra expuesto el trabajador están dentro de los niveles permisibles.

6.2.3. Monitoreo de Fluoruros Totales

De acuerdo con el monitoreo realizado por el personal del departamento de Higiene Ocupacional, la concentración promedio de Fluoruros Totales obtenida en la Sala de Celdas I ($1,4 \text{ mg/m}^3$), se encuentra

por debajo del límite permisible (2,5 mg/m³) establecido en la Norma Venezolana COVENIN 2253:2001. Ver gráfica N° 04.



Gráfica N° 04. Valor de Exposición Máxima.
Fuente. Autora, 2016

Cabe destacar que este monitoreo se llevó a cabo durante el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Humos FLAKT y sus respectivos ductos de succión, la cual actualmente se encuentra operando a bajos niveles por causas de repuestos dañados y ductos obstruidos.

6.3. Variación de los Costos de reparación de los actual Casco P-19.

Dentro del mantenimiento o el reacondicionamiento del Casco de celda P-19 existen dos tipos de reparaciones; reparaciones menores y reparaciones mayores.

Una vez desincorporado el casco y después de haberle realizado el mantenimiento principal (comprende el retiro de todos los desechos catódicos), se realiza una inspección visual donde se determina qué tipo de reparación necesita; *menor* o *mayor*. Ver Figura N° 24.

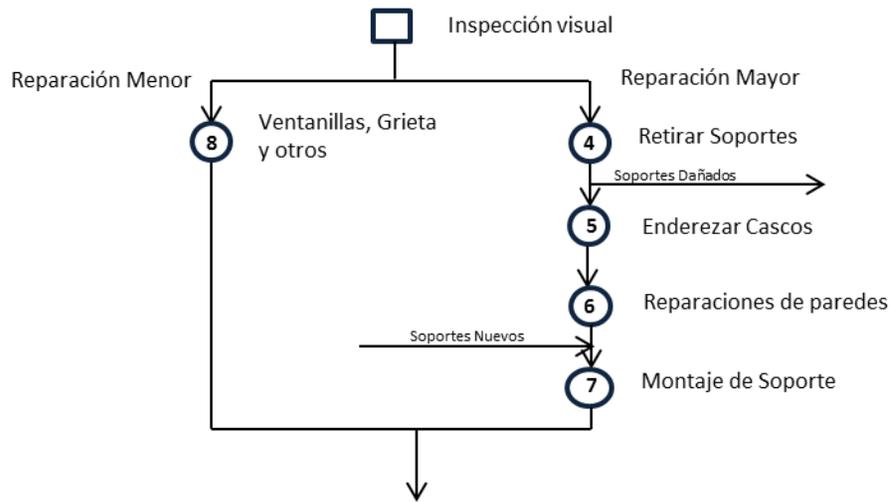


Figura N° 24. Diagrama Procesos Reparación mayor de casco
Fuente: Autora, 2016

Cabe destacar que actualmente el mantenimiento de dicho casco se está realizando cada 700 días (dos años aproximadamente) debido a su actual deterioro, esto representa la mitad de su tiempo de vida útil después del reacondicionamiento, ya que; el tiempo en operación después del mantenimiento, en condiciones óptimas debería ser 2000 días (5 años aproximadamente).

Los Costos de mantenimiento expresados en Horas Hombre (H-H) para el reacondicionamiento de un casco se muestran en las Tablas N° 22 - N° 25.

Tabla N° 26. Cuantificación de H-H

Reacondicionamiento de Cátodo con Reparaciones Menores			
Actividad	N° de trabajador	Tiempo de actividad	H-H
Retiro de Plato	3 Reacondicionadores	4 hrs	16
	1 Operador		
Excavación	03 Reacondicionadores	7 hrs	35
	02 Operadores		
Limpieza	01 Reacondicionador	4 hrs	4
Preparación	05 Reacondicionadores	8 hrs	56
	01 Soldador		
	01 Operador		
Compactación	04 Reacondicionadores	8 hrs	40
	01 operador		
Colocación de Plato	05 Reacondicionadores	8 hrs	72
	04 Soldadores		
	Total		223

Fuente: Autora, 2016

Tabla N° 27. Costo mano de obra

Costo Mano de Obra			
Gerencia de Reacondicionamiento Catódico			
Año	Costo Bs. F	H-H	Costo Bs. F/ H-H
2015	433.910	223	1.945,78

Fuente: Autora, 2016

Tabla N° 28. Cuantificación de H-H

Reacondicionamiento de Cátodo con Reparaciones Mayores			
Actividad	N° de trabajador	Tiempo de actividad	H-H
Retiro de Plato	03 Reacondicionadores	4 horas	16
	01 Operador		
Excavación	03 Reacondicionadores	7 horas	35
	02 Operadores		
Retirar soporte	02 Operadores	1 hora	2
Enderezado	03 Reacondicionadores	8 horas	40
	02 Soldadores		
Reparación	01 Reacondicionador	48 horas	192
	02 Soldadores		
	01 Operador		
Montar soporte	02 Operadores	1 hora	2
Limpieza	01 Reacondicionador	4 horas	4
Preparación	05 Reacondicionadores	8 horas	56
	01 Soldador		
	01 Operador		
Compactación	04 Reacondicionadores	8 horas	40
	01 operador		
Colocación de Plato	05 Reacondicionadores	8 horas	72
	04 Soldadores		
Total			459

Fuente: Autora, 2016

Tabla N° 29. Costo mano de obra

Costo Mano de Obra			
Gerencia de Reacondicionamiento Catódico			
Año	Costo Bs. F	H-H	Costo Bs. F/ H-H
2015	1.608.825	459	3.505,06

Fuente: Autora, 2016

Lo expresado en las tablas anteriores refleja que cada vez que se realizan los diferentes mantenimientos, se emplean 236 H-H adicionales cuando se requiere el mantenimiento por reparaciones mayores (siendo este el aplicado debido a las condiciones de los cascos), variando el costo de forma significativa. Asimismo, cabe destacar que cuando se realiza dicha reparación mayor, ésta representa un 51,4% del reacondicionamiento del casco.

6.4. Modelo Económico – Financiero

Para este modelo se realizó primeramente un Análisis de Precios Unitarios (APU), y a partir de allí se obtuvo el monto total de la inversión inicial. Cabe destacar que para realizar dicho análisis se llevó a cabo un desglose e interpretación de los planos pertenecientes al Prototipo de Casco de Celda P-19, con la finalidad de determinar cantidad de materiales, equipos y mano de obra necesarios para realizar la construcción (Ver apéndice 2). Igualmente se complementó con el cálculo de uno de los índices de rentabilidad utilizado en el análisis de reemplazo. Ver Tablas N° 26 – N°30.

6.4.1. Análisis de Precios Unitarios (APU)

Tabla N° 30. Encabezado del Análisis de Precios Unitarios

CVG Industria Venezolana del Aluminio Gerencias de Investigación y Desarrollo Análisis de Precios Unitarios para la Construcción de Casco de Celda P-19					
Partida N°:					
Descripción de la Obra		CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO CASCO-PLATO-CUNA DE CELDA P-19 DE VENALUM			
Propietario		Código de Obra			
Descripción de la Partida:					
		SUMINISTRO Y FABRICACIÓN DEL CONJUNTO CASCO-PLATO-CUNA DE CELDA P-19 VENALUM INCLUYE MATERIALES, EQUIPO Y MANO DE OBRA			

		PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN			
Código:	Código Covenin:	Unidad	Cantidad 1.00	Rendimiento	
				1.00000	15/Días

Fuente: Autora, 2016

Tabla N° 31. Desglose de Materiales para la construcción de Prototipo

1.- MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	%Factor	Precio Bs	Monto Bs	Total Bs
Plancha de Acero Estructural A36, 12000x2400x25 (mm)	kg	9.981,14	1.00	3.268,5	32.623.399,6	32.949.633,6
Plancha de Acero Estructural A36, 12000x2400x19 (mm)	kg	12.442,33	1.00	3.265,09	40.625.365,5	41.031.619,2
Plancha de Acero Estructural A36, 12000x2400x16 (mm)	kg	7.605,39	1.00	3.264,3	24.826.612,3	25.074.878,4
Electrodo E-7024 ø3/16"	kg	161	1.00	10.832,4	1.744.018,2	1.761.458,4
Acetileno Standard	BOMB	2	1.00	51.294,65	102.589,3	103.615,2
Oxigeno	BOMB	13	1.00	15.783,66	205.187,6	207.230,4
Conjunto Perno, Arandela y Tuerca	Und	100	1.00	23.595,5	2.359.554,06	2.383.149,6
Total Materiales:						103.511.585
Unitario Materiales:						103.511.585

Fuente: Autora, 2016

Tabla N° 32. Equipos para la construcción de prototipo

2.-EQUIPOS						
Descripción	Días	Cantidad	% Factor	Costo	Monto	Total
Equipo de Oxiacetileno C/Accesorios	15	1	1.00000	30.863,1	462.947	462.947,4
Esmeril BOSCH 7"	15	1	1.00000	24.509	367.634,3	367.634,7
Máquina de Soldar 300 AMP C/Accesorios	15	1	1.00000	66.870,1	1.003.052	1.003.052,7
Taladro de Banco 1/2 HP	1	1	1.00000	68.080	68.080	68.080,5
Grúa Telescópica	15	1	1.00000	103.179,7	1.547.695,2	1.547.696,7
Montacargas	15	1	1.00000	72.619,1	1.089.287	1.089.288
Total Equipos:						4.538.700
Unitario Equipos:						4.538.700

Fuente: Autora, 2016

Tabla N° 33. Mano de Obra para la construcción de prototipo

3.-MANO DE OBRA				
Descripción	Días	Cantidad	Jornada Laboral (Bs. F)	Monto Total (Bs. F)
Ayudante	15	6	Bs. F 1.698,4 Diario	152.856
Soldador de 1a	15	2	Bs. F 3.800 Diario	114.000
Operador de Maquinas-Herramientas de 1a	15	1	Bs. F 3.320 Diario	49.800
Fabricador	15	2	Bs. F 2.273 Diario	68.190
Montador	15	1	Bs. F 2.200 Diario	33.000
Operador grúa telescopio	15	1	Bs. F 3.440 Diario	51.600
Operador monta cargas	15	1	Bs. F 3.440 Diario	51.600
Total Mano de Obra Directa:				521.046
% Ley del Trabajo				1.902.423,7
Total Mano de Obra:				2.423.469,7
Unitario Mano de Obra:				2.423.469,7

Fuente. Autora, 2016

Tabla N° 34. Costo de Fabricación de Prototipo

Costo Directo Sub-Total " A "	Bs. F 110.473.755
10.00 Administración y Gastos Generales	Bs. F 11.047.375,5
Sub-Total "B"	Bs. F 121.521.130
10.00 Utilidad e Imprevistos	Bs. F 12.152.113
Sub-Total "C"	Bs. F 133.673.243
0.00 Financiamiento	Bs. F 0.00
Precio Unitario Sin Impuesto	Bs. F 133.673.243
12.00 Otros Impuestos	Bs. F 16.040.789,2
COSTO FABRICACIÓN	
	Bs. F 149.714.032
CAMBIO EN DÓLARES	
COSTO DE FABRICACIÓN (CAMBIO DÓLAR DICOM Bs. F 399,15)	\$ 375.082,13
COSTO DE FABRICACIÓN (CAMBIO DÓLAR PARALELO Bs. F 1.079)	\$ 138.752,6

Fuente. Autora, 2016

Después de realizar el Análisis de Precios Unitarios (APU) para la fabricación de un nuevo diseño de Conjunto Casco-Plato-Cuna de Celda P-19, se logró estimar el costo de Inversión Inicial siendo de **149.714.032 Bs. F /casco**. A este valor también se le realizó la conversión de Bs. F a Dólares, utilizando los sistemas cambiarios que se manejan en el país. Cabe destacar que estos precios se deben actualizar de manera frecuente hasta concretar la realización del proyecto, y de este modo mantener el precio real de inversión, tanto los costos en Bolívares (Bs F) como el cambio en Dólares (\$).

6.4.2. Evaluación Económica y Análisis de las Alternativas

Para llevar a cabo la estimación de los flujos monetarios se evaluaron dos alternativas; la alternativa "A", la cual es: continuar con los Cascos actuales de celdas P-19 y la alternativa "B": construir un prototipo de Casco

de Celda P-19 para reemplazar los originales. Para dicha evaluación se consideraron las siguientes premisas:

- Se estimó un horizonte de planificación para las dos alternativas de 50 años, lo cual representa la vida útil de la estructura.
- La evaluación económica se realizó a través del indicador de rentabilidad, Costo Anual Equivalente (CAUE).
- El costo de capital $i = 15\%$, de acuerdo a lineamientos de evaluación de proyectos que maneja la empresa.

En el cálculo del Costo Anual Equivalente se tienen los siguientes diagramas Flujos de Cajas:

Para la Alternativa “A”, el flujo de caja refleja que los costos por mantenimiento aplicados a los actuales cascos tienen un valor igual a Bs. 1.608.825, los cuales se generan cada dos años. Teniendo una inversión inicial igual a cero (0) y un valor de salvamento igual a Bs. 30.000.000. (Ver figura N° 25)

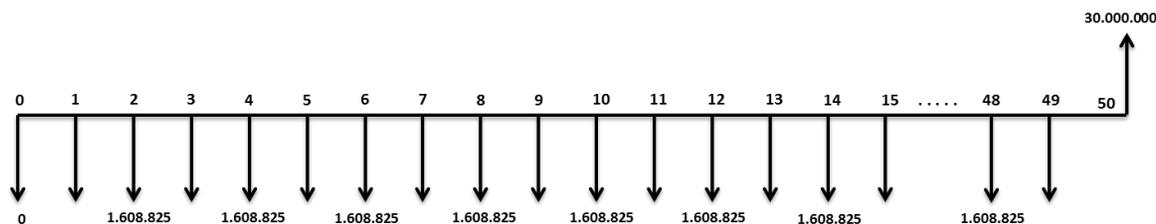


Figura N° 25. Diagrama flujo de caja
Fuente. Autora, 2016

El flujo de caja para la Alternativa “B”, refleja que los costos que se tendrían por la aplicación de mantenimiento serían de Bs 433.910 los cuales se generan cada cinco años. Teniendo una inversión inicial igual a Bs. 149.714.032 y un valor de salvamento igual a Bs. 200.000.000. Ver Figura N° 26.

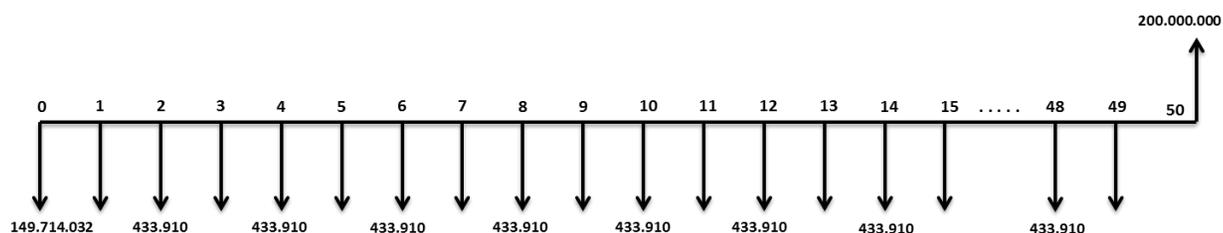


Figura N° 26. Diagrama Flujo de Caja
Fuente. Autora, 2016

Los resultados de la evaluación económica mediante el índice de rentabilidad se presentan a continuación en la Tabla N° 31. Para esta evaluación económica, se compararon los valores totales concernientes al mantenimiento del casco.

Tabla N° 35. Resultados de CAUE

Alternativas	CAUE (Bs. F)
A: Continuar con los Cascos actuales de celdas P-19.	19.649.187,65
B: Construir prototipo de Casco de Celda P-19 para remplazar los originales	48.215.530,02

Fuente. Autora, 2016

Según los resultados obtenidos mediante el indicador de rentabilidad, la mejor alternativa es la “**B**”; Reemplazar la Estructura Actual por el Prototipo de Casco P-19, con un Costo Anual Uniforme Equivalente de 48.215.530,02 Bs/año. El cálculo del CAUE se muestra en los apéndices 1 y 2.

6.5. Beneficios Cualitativos que posee el prototipo en comparación con el casco original

VENALUM cuenta con procesos de mejoras continuas en cada una de sus áreas para logra el mejor y adecuado desempeño de la planta. Con la construcción del nuevo prototipo de casco para celda P-19 se espera, en términos generales; optimizar el desempeño operativo del conjunto Casco-Plato-Cuna de Celdas P-19 ubicadas en los completos I y II, e igualmente mantener y alargar la vida operativa de dicho conjunto y por ende la de celda.

Con el análisis e interpretación de los planos se logró determinar que el nuevo diseño tiene ciertos beneficios operativos con respecto a la estructura original, como por ejemplo:

- Permite un desempeño operativo con mayor nivel de líquido, 61.4 cm en contraposición al diseño original que opera con un nivel de 49.8 cm. El cual genera una diferencia de 11.6 cm más de líquido.
- En cuanto a la estructura del plato se consideró un nuevo arreglo, el cual tiene como finalidad mejorar la hermeticidad de la celda, así mismo; este nuevo diseño de plato mantiene una temperatura menor ya que se encuentra operativamente más alejado del material caliente.
- El nuevo diseño esta mejorado estructuralmente, lo que indica que tendrá un bajo índice de deformación.
- Actualmente las Celdas P-19 operan con un nivel de corriente de 160-165 kA teniendo como resultado una producción por cada celda de 1.160 kilogramos de aluminio líquido al día aproximadamente (kg.celda/día), mientras que el nuevo diseño; se espera soporte un aumento del nivel de energía a 180-200 kA, lo cual generaría un incremento en la producción de 1.300 kg.celda/día de aluminio.

- Los costos asociados al mantenimiento del casco se verán disminuido por las mejoras mecánicas presentes en el prototipo.
- El nuevo diseño se espera soporte una variación o cambio del revestimiento catódico.

6.6. Propuesta de Reemplazo

Conseguir la mejor opción es en síntesis lo que se busca a través de un Análisis de Reemplazo, todas las investigaciones, proyecciones, cálculos y otras tareas que son necesarias para aplicar este estudio se hacen para determinar cuándo es el momento más rentable para cambiar el equipo, maquinaria, estructura etc., por lo cual también es posible utilizarlo para elegir la mejor vía de solución del problema planteado.

Al evaluar la Alternativa “**A**” quedó en evidencia la disminución de la vida útil y operativa que presentan actualmente los Cacos P-19, así mismo la evaluación de la Alternativa “**B**” arroja una gran cantidad de beneficios que representaría llevarla a cabo. Además con el análisis económico se concluye que al elegir la alternativa “**B**” como la opción de solución, habría un ahorro notable para la empresa que puede ser utilizado en otras necesidades de la misma. Las ventajas que presenta una alternativa con respecto a la otra se muestran en la tabla N° 32.

Tabla N° 36. Comparación de Alternativas

Ventajas Comparativas entre las dos Alternativas de Acuerdo a los Elementos Evaluados					
Alternativas	Deformaciones presentes en operación	Factores de Riesgos presentes en operación	Alto Costo de Mantenimiento	Beneficios presentes en operación	Garantía según el CAUE
“A”	√	√	√	x	x
“B”	x	x	x	x	x

Fuente. Autora, 2016

Una decisión que incluya gastos de los recursos de cualquier empresa no se puede tomar a la ligera, ésta debe estar siempre argumentada por cálculos matemáticos y bases teóricas que permitan la elección de la mejor opción para lograr los objetivos de la misma.

Dadas las gestiones de continuas mejoras con las cuales trabaja Venalum y la búsqueda de la optimización de sus procesos productivos a través de la reducción de los costos, bajo estrictos regímenes de seguridad y cuidados al ambiente, todo lo anteriormente evaluado respalda la Propuesta de Reemplazo de la estructura original por un nuevo diseño de Casco de Celda P-19.

6.7. Análisis de Reemplazo mediante Matriz FODA

El análisis realizado mediante la Matriz FODA está determinado por los elementos que se evaluaron anteriormente. Ver tabla N° 37.

6.7.1. Representación de Matriz FODA: (Ver tabla N° 37)

Tabla N° 37. Matriz FODA

<p style="text-align: center;">FACTORES INTERNOS</p> <p style="text-align: center;">FACTORES EXTERNO</p>	<p style="text-align: center;">FORTALEZAS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El nuevo diseño de Casco favorece a una mejor hermeticidad ya que posee mayor rigidez en una sola estructura. 2. La nueva estructura requiere menos mantenimiento (Reparación mayor), disminuyendo así el costo del mismo. 3. Debido a las mejoras mecánicas el prototipo tendría mayor tiempo de vida operativa. 	<p style="text-align: center;">DEBILIDADES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Disminución del capital de la empresa por costo de fabricación. 2. Igualmente será necesario realizarle mantenimientos y reparaciones. 3. Se estima que su tiempo de vida útil está solo 10 años por encima de la estructura actual
	<p style="text-align: center;">OPORTUNIDADES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El proyecto cuenta con el respaldo de la gerencia de investigación y desarrollo para llevar a cabo los estudios de factibilidad necesarios para su ejecución. 2. La empresa cuenta con experiencia en estudios técnicos para reemplazos de equipos. 3. VENALUM ha realizado anteriormente reemplazos de equipo de manera exitosa. Además este reemplazo cuenta con la garantía de índices de rentabilidad. 	<p style="text-align: center;">ESTRATEGIAS FO</p> <p>F₂O₁: Presentar a la gerencia de investigación y desarrollo la estimación de la disminución de los costos de mantenimiento.</p> <p>F₃O₂: Utilizar la experiencia en estudios técnicos de la empresa para implementar las mejoras mecánicas en el prototipo.</p> <p>F₁O₃: Proponer a la empresa VENALUM el reemplazo de la estructura haciendo énfasis en la mejoras de hermeticidad y rigidez además del crecimiento económico y como influirían en la producción de la planta.</p>
<p style="text-align: center;">AMENAZAS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Puede que el diseño del prototipo una vez fabricado y puesto en operación no cubra en un cien por ciento las expectativas planteadas. 2. Una vez realizados los estudios necesarios se requerirá de una empresa externa para llevar a cabo la construcción del prototipo, generando un costo de inversión inicial. 3. Se podrían presentar limitaciones de incumplimiento de contrato por parte de la empresa que llevara a cabo la construcción del prototipo. 	<p style="text-align: center;">ESTRATEGIAS FA</p> <p>F₃A₁: Especificar las mejoras presentes en el nuevo diseño para que a la hora de su fabricación sean prioridad.</p> <p>F₃A₃: Asegurar que la empresa que realizara la construcción cumpla con las condiciones del contrato y tenga la capacidad de realizar las mejoras mecánicas esperadas.</p> <p>F₂A₂: Destacar que bebido a las mejoras presentes en el prototipo se requerirá menos inversión de mantenimiento el cual, a largo plazo cubrirá de inversión inicial usada para su construcción.</p>	<p style="text-align: center;">ESTRATEGIAS DA</p> <p>D₁A₁: Realizar la inversión inicial necesaria que garantice los detalles del prototipo según los parámetros de diseño.</p> <p>D₂A₁: Determinar el grado de las exigencias operativas de las celdas para anticipar una disminución en las funciones del casco.</p> <p>D₁A₃: Establecer clausulas en el contrato donde se indique la variación del costo de construcción si empresa que llevara a cabo el proyecto incurra en incumplimientos</p>

Fuente. Autora, 2016

6.7.2. Estrategias de la Matriz FODA propuesta

- **Fortalezas y Oportunidades (FO)**

F₂O₁: Presentar a la gerencia de investigación y desarrollo la estimación de la disminución de los costos de mantenimiento.

Resaltar los beneficios asociados a la disminución de los costos de mantenimiento que representaría la ejecución de proyecto, siendo este uno de los motivos por los cuales se quiere reemplazar la estructura.

F₃O₂: Utilizar la experiencia en estudios técnicos de la empresa para implementar las mejoras mecánicas en el prototipo.

Saber aprovechar el conocimiento previo que tiene la empresa en el área de los estudios técnicos e implementarlos de manera favorable para llevar a cabo el proyecto.

F₁O₃: Proponer a la empresa VENALUM el reemplazo de la estructura haciendo énfasis en la mejoras de hermeticidad y rigidez además del crecimiento económico y como influirían en la producción de la planta.

Al identificar las principales razones por las cuales se debe realizar un cambio en la estructura de casco, mostrar a la empresa de manera documental los beneficios operativos y económicos que representa la construcción del prototipo.

- **Debilidades y Oportunidades (DO)**

D₁O₃: Realizar el reemplazo priorizando las ganancias a la recuperación del capital.

Al llevar a cabo la sustitución de la estructura, las ganancias que esta genere destinar una suma a cancelar el monto de inversión proveniente del capital de la empresa.

D₁O₂: Negociar disminución de costo de fabricación por tratarse de un número considerable de cascos.

Al colocar en marcha la ejecución del proyecto, considerar la posibilidad de llegar a un acuerdo con la empresa constructora de disminuir el costo unitario y englobar el mismo debido al número casco a construir.

D₃O₁: Estudiar la posibilidad de mejoras que permitan incrementar la vida útil de la nueva estructura.

Realizar estudios que permitan mejorar y optimizar las actividades que ejecutan las celdas y de este modo contribuir a su rendimiento operativo.

- **Fortalezas y Amenazas (FA)**

F₃A₁: Especificar las mejoras presentes en el nuevo diseño para que a la hora de su fabricación sean prioridad.

El principal objetivo de la construcción del prototipo es garantizar la innovación y mejoras operativas en la estructura del casco.

F₃A₃: Asegurar que la empresa que realizará la construcción cumpla con las condiciones del contrato y tenga la capacidad de realizar las mejoras mecánicas esperadas.

Antes de contratar la empresa que asumirá la construcción del prototipo, se debe verificar que la misma cuenta con los recursos, capacidad y personal adecuado para llevar a cabo dicha construcción, e igualmente tenga buenos antecedentes de contratos anteriores y de este modo evitar fallas en el producto final e incurrir en gastos extras.

F₂A₂: Destacar que debido a las mejoras presentes en el prototipo se requerirá menos inversión de mantenimiento, el cual a largo plazo cubrirá de inversión inicial usada para su construcción.

Entre otros aspectos, al realizar la ejecución del proyecto, se debe tener en cuenta que la puesta en marcha del mismo disminuirá los costos asociados al mantenimiento del sistema actual, siendo esto importante para el ingreso económico de la empresa.

- **Debilidades y Amenazas (DA)**

D₁A₁: Realizar la inversión inicial necesaria que garantice los detalles del prototipo según los parámetros de diseño

Es necesario precisar el costo inicial de construcción del prototipo, para que se lleve a cabo su fabricación según las especificaciones correspondientes y obtener el resultado esperado.

D₂A₁: Determinar el grado de las exigencias operativas de las celdas para anticipar una disminución en las funciones del casco.

Para evitar cualquier tipo de irregularidad en la operaciones de las celdas se debe garantizar un buen funcionamiento desde su etapa de arranque hasta que cumpla su ciclo de vida útil.

D₁A₃: Establecer clausulas en el contrato donde se indique la variación del costo de construcción si empresa que llevara a cabo el proyecto incurre en incumplimientos

Al establecer un contrato, la empresa beneficiada está en su derecho de exigir todo lo especificado en el contrato y la empresa beneficiaria deberá cumplir con lo exigido.

CONCLUSIONES

El deterioro de cualquier equipo, maquinaria o estructura que esté en funcionamiento constante es inevitable, el tiempo poco a poco va disminuyendo su rendimiento, y más aún cuando se encuentra sometido a grandes esfuerzo.

Una vez presentado el cumplimiento de los objetivos propuestos para el desarrollo de la presente investigación y en base a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1. La evaluación del funcionamiento de los Cascos de Celdas P-19 en operación, evidencia que estos presentan grandes deformaciones en las paredes laterales de la estructura. La deformación antes descrita trae como consecuencia una baja hermeticidad de la celda y en ocasiones su desincorporación temprana de operación. El bajo nivel de hermeticidad que el desgaste de la estructura genera, impide que la P.T.H. cumpla con su función y por esta razón se presenta pérdida del material y su liberación al ambiente.
2. Con el monitoreo de los factores de riesgo presentes en el área de reducción se logró cuantificar los nivel a los que se encuentran sometidos los trabajadores en dicha área. Los cuales están en los niveles permisibles (Polvo y Fluoruro), a diferencia del ambiente térmico que se encuentra por encima del nivel, lo que en parte se debe al tipo de trabajo que se lleva a cabo en las celdas.
3. Se determinó mediante el cálculo de Horas Hombre (H-H), el tiempo que se necesita para realizar el mantenimiento del casco y el costo, tanto con reparaciones menores como mayores. Teniendo como

resultado que al aplicar las reparaciones mayores se genera un costo superior por necesitar más tiempo y esfuerzo para su ejecución.

4. La factibilidad económica de reemplazo se obtuvo de la evaluación de las alternativas por medio del indicador de rentabilidad Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), el cual arrojó que la opción más beneficiosa para la plata es la construcción de una nueva estructura. Por otro lado, con el Análisis de Precios Unitarios (APU) se cuantificó el monto de llevar a cabo dicha construcción.
5. Con la interpretación de los planos del prototipo se especificaron los beneficios que presenta el nuevo diseño con relación a la estructura original. Igualmente se logró apreciar los cambios positivos a nivel de desempeño que aportaría el nuevo casco.
6. Al realizar la propuesta de reemplazo se tomó como referencia todos los elementos evaluados, los cuales respaldan que es más conveniente para la empresa realizar una inversión inicial que represente la construcción de un nuevo diseño de casco, ya que significaría un aumento de la producción, disminución de mantenimientos y mayores ingresos económicos.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados y conclusiones obtenidas con el estudio se recomiendan las siguientes acciones:

1. Llevar registros de las fallas que presenten las celdas por causas del deterioro de los cascos y así, una vez aprobado el proyecto de reemplazo, establecer prioridades.
2. En el área de celdas siempre existirán distintos factores de riesgo, debido que las actividades que se realizan durante el proceso de reducción Hall-Heroult, requieren de sustancias químicas, elevadas temperaturas y maquinaria pesada, para prevenirlos se recomienda:

Para Ambiente Térmico (calor):

- Establecer períodos de trabajo – descanso de acuerdo a lo establecido en la Norma Venezolana COVENIN 2254:1995.
- Rotación del personal.
- Chequeos médicos periódicos del personal.
- Aumentar el consumo de líquidos, hidratación adecuada.
- Sistema de ventilación.

Para Polvo:

- Proveer a los trabajadores de adiestramiento que incluya información acerca de los efectos sobre la salud y prácticas de trabajo y seguro.
- Realizar exámenes médicos periódicos a todos los trabajadores expuestos.

- Se debe colocar, ventilación local por medio de extractores y proponer prácticas eficientes de trabajo a fin de reducir al mínimo la exposición de los trabajadores al polvo.
- Mantenimiento, inspección, limpieza del área de celdas.
- Protección respiratoria recomendada, equipos de protección en general (anteojos de seguridad, guantes, ropa)

Para Fluoruros:

- Utilizar equipo de protección respiratoria para polvo y gases ácidos (Fluoruros de Hidrógeno) dentro de las salas de celdas electrolíticas, y sustituir los mismos una vez que ya no cumplan su función.
- Solicitar al departamento Salud Ocupacional la factibilidad de realizar un control biológico de los trabajadores ocupacionalmente expuestos en el área de Reducción.
- Solicitar a la división Salud e Higiene Ocupacional el diseño de un Programa de Vigilancia Epidemiológica para este factor de riesgo.

Para iluminación:

- Evaluar la factibilidad de realizar un proyecto que tenga como objetivo la sustitución de lámparas por unas más eficientes.
- Inspeccionar regularmente el área a fin de determinar el estado de lámparas y luminarias.
- Mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de iluminación.

Para Ruido:

- Sustitución de equipos y maquinarias por otros menos ruidosos, instalaciones de silenciadores, etc.

- Aislamiento de procesos, equipos y maquinarias ruidosas.
- Protección del personal expuesto: limitar tiempos de exposición, rotación de personal, efectuar cambios en la forma de trabajo, incorporar el uso obligatorio de protectores auditivos.

Para Radiaciones no ionizantes:

- Maximizar la distancia entre la fuente y el operador.
- Minimizar los tiempos de permanencia en el área.
- Las áreas de trabajo deben estar señalizadas a fin de advertir la naturaleza del factor de riesgo.
- Ropa y guantes de tejido denso.

3. Las recomendaciones relacionadas con los tipos de riesgos por iluminación, ruidos y radiaciones no ionizantes se llevaron a cabo por medio de una evaluación cualitativa, por no disponer de los equipos necesarios para su cuantificación. Es por ello que se recomienda hacer un estudio más profundo de los mismos para llevar un registro y control de estos riesgos.
4. Realizar estudios para diseñar planes que cuenten con un aumento en la automatización de los procesos de mantenimiento para reducir el costo por H-H.
5. Mantener actualizada la base de datos del presupuesto de construcción de prototipo en cuanto a insumos de materiales, costo de mano de obra, entre otros a fin de tener elementos confiables de comparación.
6. En vista de lo anteriormente evaluado, si se desea mejorar la vida útil y operativa de las Celdas P-19, se requiere un reemplazo en la

estructura de sus cascos, sumado a esto, los beneficios que dicho reemplazo representan traerán mayor productividad a la planta.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, R. (2001). Técnicas de documentación e investigación. Universidad Nacional Abierta. Caracas. Venezuela. Tercera Edición.

Arias, F. (2006). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. Venezuela. Editorial Episteme. Quinta Edición.

Baca Urbina, G. (2003). Fundamentos de la ingeniería económica. Caracas. Cuarta Edición.

Rojas, N. (1997). Orientaciones Prácticas para la elaboración de Informes de Investigación. Puerto Ordaz, Segunda Edición Ampliada y Corregida.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006). Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. Venezuela. Tercera Edición.

FUENTES INSTITUCIONALES

Luz Marina Peralta. (2007). Determinación de los factores que favorecen la desincorporación de celdas. Ciudad Guayana. Centro de Investigación. Venalum.

Mata A, (2009). Mapa de factores de riesgo presentes en el área de reducción I de la empresa Venalum. Ciudad Guayana. Centro de Investigación. Venalum.

Millán R., Maryoly. (2007) Evaluación económica de la utilización de tecnología de horno abierto en nave II de hornos de cocción de ánodos de la gerencia carbón Venalum. Centro de Investigación, VENALUM.

Pineda Marín, M. (2013). Factibilidad económica para el reemplazo del control local de celdas en Venalum. Ciudad Guayana. Centro de Investigación. Venalum.

Saavedra A. Elio J. (2007). Evaluación de las actividades realizadas por los inspectores de control de calidad en celdas P-19. Ciudad Guayana. Centro de Investigación. Venalum

FUENTES ELECTRÓNICAS

García, A. (2012). Estudio económico. Obtenido de:
<http://es.slideshare.net/albertojea/estudio-economico>

Gualberto J.M. (2003). Evaluación de proyectos de inversión lineamientos para un enfoque empresarial. Obtenido de:
<http://www.monografias.com/trabajos10/pyme/pyme.shtml>

Montenegro, M. (2007). Estudio de factibilidad económico para la instalación de una planta de coque verde de petróleo en Venalum. Obtenido de
Intranet.venalumi

Ramírez, J. (2007). Diagrama Causa-Efecto. Obtenido de:
<http://www.monografias.com/trabajos42/diagrama-causa-efecto/diagrama-causa-efecto.shtml>

Salas, A. (2008). Fundamentos del análisis de reemplazo. Obtenido de:
<http://www.monografias.com/trabajos101/reemplazo-equipos/reemplazo-equipos.shtml#Comentarios>

Normas venezolanas COVENIN (1995) Calor y frío. Límites máximos permisibles de exposición en lugares de trabajo (2254). Primera Revisión. Obtenido de:
http://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/normas_covenin.html

Normas venezolanas COVENIN (2001). Concentraciones ambientales permisibles de sustancias químicas en lugares de trabajo e índices biológicos de exposición (2253). Tercera Revisión. Obtenido de:
http://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/normas_covenin.html

Normas venezolanas COVENIN (2249-1993). Iluminancias en tareas y áreas de trabajo. Primera Revisión. Obtenido de: http://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/normas_covenin.html

Normas venezolanas COVENIN (2252-1998). Polvos. Determinación de la concentración en el ambiente de trabajo. Primera Revisión. Obtenido de: http://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/normas_covenin.html

Normas venezolanas COVENIN (2238-2000). Radiaciones no ionizantes. Límites de exposición. Medidas de protección y control. Segunda Revisión. Obtenido de: http://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/normas_covenin.html

Normas venezolanas COVENIN (1565-1995). Ruido ocupacional. Programa de conservación auditiva. Niveles permisibles y criterios de evaluación. Tercera Revisión. Obtenido de: http://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/normas_covenin.html

VENALUM. (2006). Manual de Inducción. Puerto Ordaz, Venezuela. Obtenido de Intranet.venalumi

VENALUM. (2001) Proceso Productivo de CVG VENALUM. Obtenido de Intranet.venalumi

APÉNDICES

Apéndice 1: Evaluación Económica de las Alternativas.

Alternativa A: Continuar con los Cascos de Celdas P-19 Originales.

FLUJOS DE CAJA			
Año	Inversión (Bs. F)	Costo de Mantenimiento (Bs. F)	Flujo de Efectivo (Bs. F)
2015	0	0	0
2016		1.608.825	1.608.825
2017		1.608.825	1.608.825
2018		1.608.825	1.608.825
2020		1.608.825	1.608.825
2021		1.608.825	1.608.825
2022		1.608.825	1.608.825
2023		1.608.825	1.608.825
2024		1.608.825	1.608.825
2025		1.608.825	1.608.825
2026		1.608.825	1.608.825
2027		1.608.825	1.608.825
2028		1.608.825	1.608.825
2029		1.608.825	1.608.825
2030		1.608.825	1.608.825
2031		1.608.825	1.608.825
2032		1.608.825	1.608.825
2033		1.608.825	1.608.825
2034		1.608.825	1.608.825
2035		1.608.825	1.608.825
2036		1.608.825	1.608.825
2037		1.608.825	1.608.825
2038		1.608.825	1.608.825
2039		1.608.825	1.608.825
2040		1.608.825	1.608.825

2041		1.608.825	1.608.825
2042		1.608.825	1.608.825
2043		1.608.825	1.608.825
2044		1.608.825	1.608.825
2045		1.608.825	1.608.825
2046		1.608.825	1.608.825
2047		1.608.825	1.608.825
2048		1.608.825	1.608.825
2049		1.608.825	1.608.825
2050		1.608.825	1.608.825
2051		1.608.825	1.608.825
2052		1.608.825	1.608.825
2053		1.608.825	1.608.825
2054		1.608.825	1.608.825
2055		1.608.825	1.608.825
2056		1.608.825	1.608.825
2057		1.608.825	1.608.825
2058		1.608.825	1.608.825
2059		1.608.825	1.608.825
2060		1.608.825	1.608.825
2061		1.608.825	1.608.825
2062		1.608.825	1.608.825
2063		1.608.825	1.608.825
2064		1.608.825	1.608.825
2065		1.608.825	1.608.825
INDICE DE RENTABILIDAD			
COSTO CAPITAL			15,00%
INVERSIÓN (Bs. F)			0
VALOR DE SALVAMENTO (Bs. F)			30.000.000
COSTO TOTAL MANTENIMIENTO (Bs./año)			1.608.825
COSTO ANUAL EQUIVALENTE (Bs. F/año)			19.649.187,65

Alternativa B: Reemplazar los Casco originales por un nuevo Prototipo.

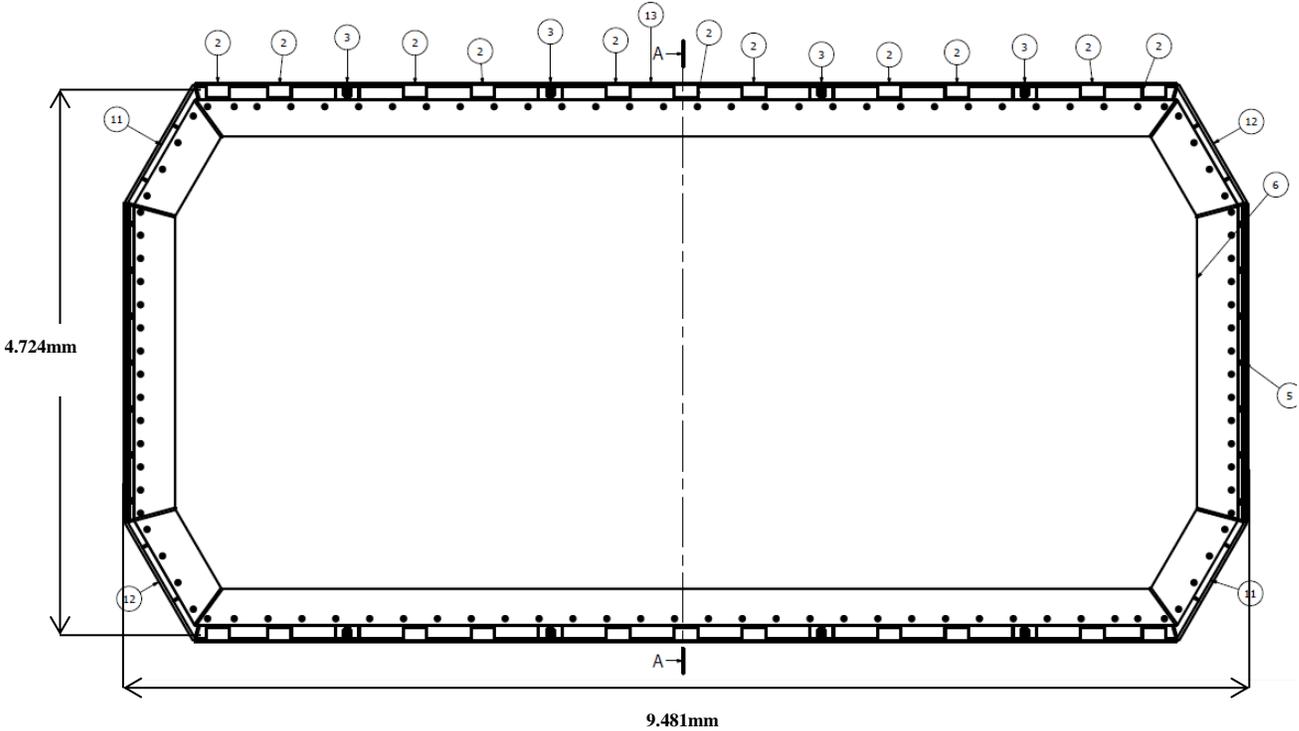
FLUJOS DE CAJA			
Año	Inversión (Bs. F)	Costo de Mantenimiento (Bs. F)	Flujo de Efectivo (Bs. F)
2015	149.714.032	0	149.714.032
2016		433.910	433.910
2017		433.910	433.910
2018		433.910	433.910
2020		433.910	433.910
2021		433.910	433.910
2022		433.910	433.910
2023		433.910	433.910
2024		433.910	433.910
2025		433.910	433.910
2026		433.910	433.910
2027		433.910	433.910
2028		433.910	433.910
2029		433.910	433.910
2030		433.910	433.910
2031		433.910	433.910
2032		433.910	433.910
2033		433.910	433.910
2034		433.910	433.910
2035		433.910	433.910
2036		433.910	433.910
2037		433.910	433.910
2038		433.910	433.910
2039		433.910	433.910
2040		433.910	433.910
2041		433.910	433.910
2042		433.910	433.910
2043		433.910	433.910
2044		433.910	433.910

2045		433.910	433.910
2046		433.910	433.910
2047		433.910	433.910
2048		433.910	433.910
2049		433.910	433.910
2050		433.910	433.910
2051		433.910	433.910
2052		433.910	433.910
2053		433.910	433.910
2054		433.910	433.910
2055		433.910	433.910
2056		433.910	433.910
2057		433.910	433.910
2058		433.910	433.910
2059		433.910	433.910
2060		433.910	433.910
2061		433.910	433.910
2062		433.910	433.910
2063		433.910	433.910
2064		433.910	433.910
2065		433.910	433.910
INDICE DE RENTABILIDAD			
COSTO CAPITAL			15,00%
INVERSIÓN (Bs. F)			149.714.032
VALOR DE SALVAMENTO (Bs. F)			200.000.000
COSTO TOTAL MANTENIMIENTO (Bs./año)			433.910
COSTO ANUAL EQUIVALENTE (Bs. F/año)			48.215.530,02

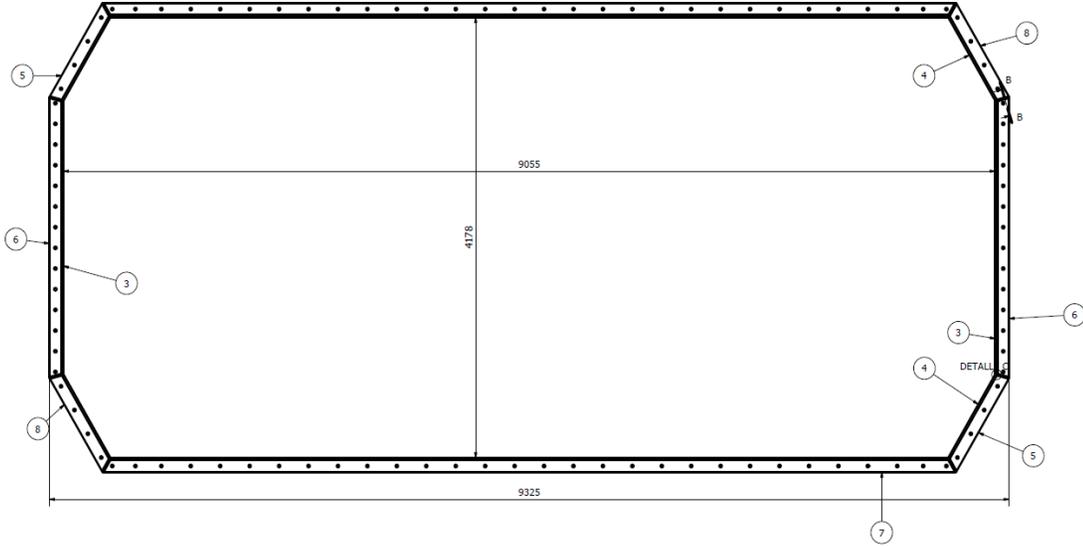
ANEXOS

Anexos 1: Planos del Prototipo de Casco

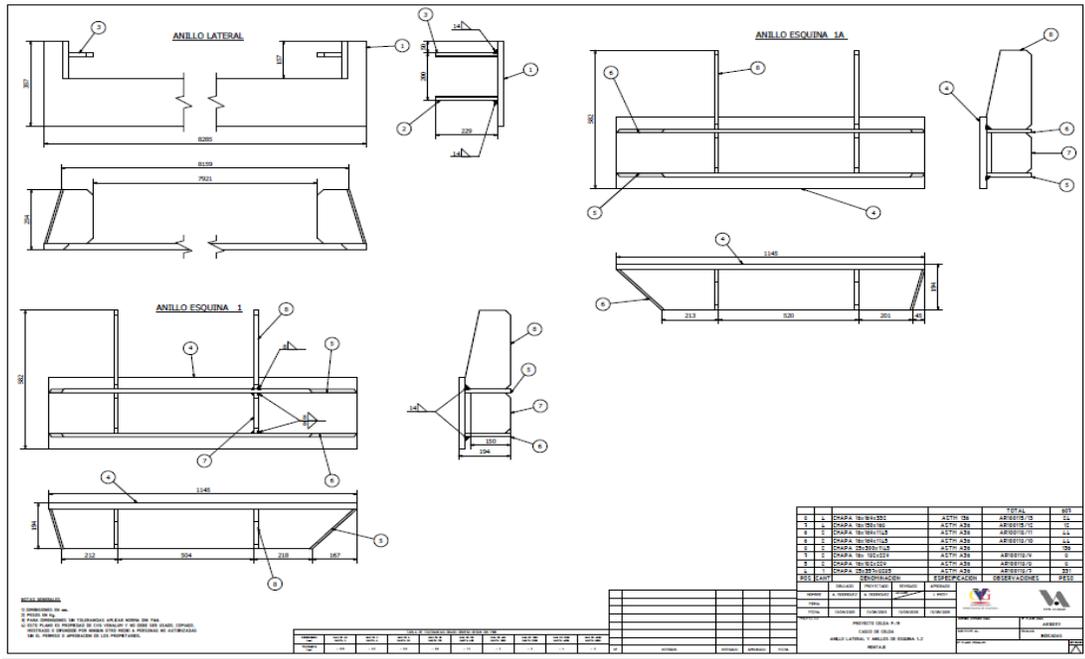
Casco de Prototipo de Celda P-19. Vista de planta



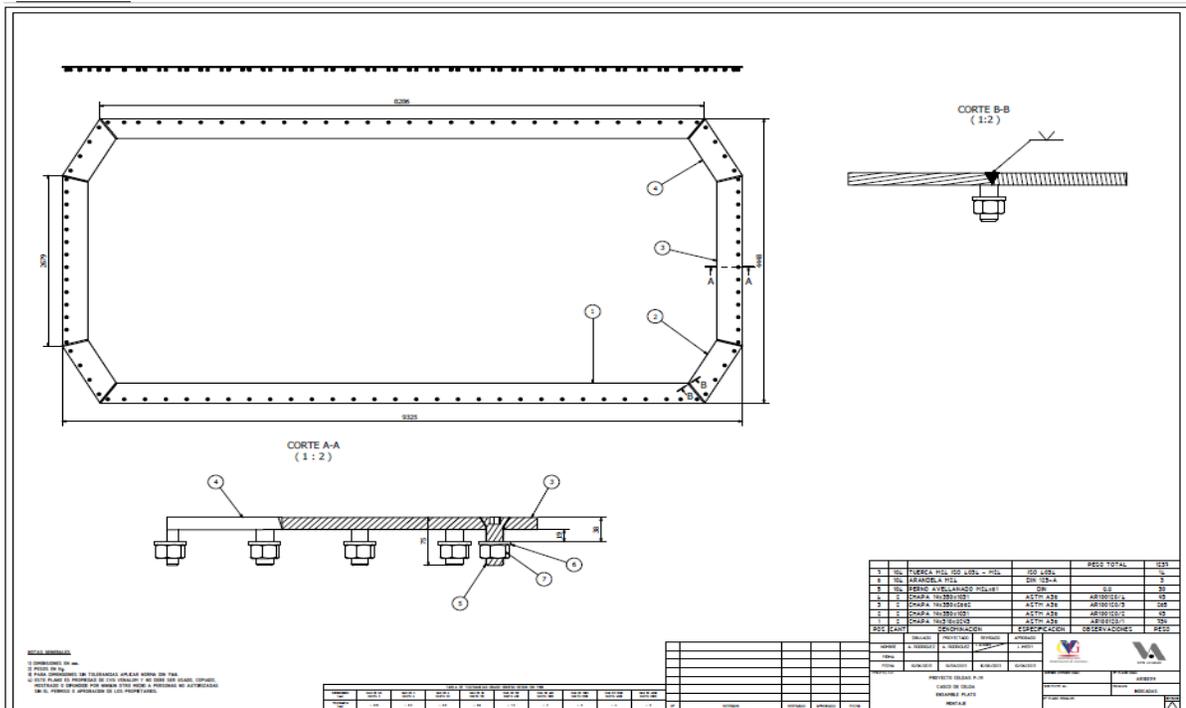
Casco Interno



Refuerzo Anillo de esquina y lateral



Plato



Anexo 2: Sala de Celdas, Reducción I

Pasillo Ancho



Condición de ductos de succión



Condición de ductos de succión



Actividad de trasegado en celda



Celda en operación



Celda en operación



Anexo 3: Reacondicionamiento Catódico

Cascos desincorporados



Cascos en mantenimiento



Cascos en mantenimiento



Cascos en mantenimiento



Enderezador de casco



Casco limpio



Anexo 4: Equipos de Medición de Factores de Riesgos Utilizados

Nº	EQUIPO		DESCRIPCION
1	<p align="center">BOMBA DE ASPIRACION</p>		<p>Bomba de aspiración de aire Gilian 3500. Rango de Flujo de Medición: 1000 – 5000 cc/min.</p>
2	<p align="center">BOMBA DE ASPIRACION</p>		<p>Bomba de Aspiración Monitoreo Personal Marca: Escort ELF Rango de Flujo de Medición: 1000 – 5000 cc/min.</p>
3	<p align="center">MEDIDOR DE STRESS TERMICO</p>		<p>Medidor de Stress Térmico Marca Quest Modelo Quest Temp ° 46 Rango de Medición: Temperatura Bulbo Seco: 0 ° - 120 ° C +/-0.5°C Temperatura Bulbo Humedo: 0° - 80 °C. Hr: 20 – 95% No condensable.</p>