

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

### **REDISEÑO DEL SISTEMA DE ROTACION DEL INTERCAMBIADOR DE RIELES DE LAS CABINAS DE GRANALLADO Y PINTURA DE INDUSTRIA ACERO DE LOS ANDES**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**SALCEDO CADENA NELSON ALEJANDRO**

**DIRECTOR: ING. CARLOS NARANJO**

**CODIRECTOR: ING. CARLOS SUNTAXI**

**Sangolquí, 2009 – 04**

## CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “REDISEÑO DEL SISTEMA DE ROTACION DEL INTERCAMBIADOR DE RIELES DE LAS CABINAS DE GRANALLADO Y PINTURA DE INDUSTRIA ACERO DE LOS ANDES” fue realizado en su totalidad por Nelson Alejandro Salcedo Cadena, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

---

Ing. Carlos Naranjo

Director

---

Ing. Carlos Suntaxi

Codirector

Sangolquí, 2009-04-06

## **LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO**

**“REDISEÑO DEL SISTEMA DE ROTACION DEL INTERCAMBIADOR DE RIELES DE LAS CABINAS DE GRANALLADO Y PINTURA DE INDUSTRIA ACERO DE LOS ANDES”**

ELABORADO POR:

---

Salcedo Cadena Nelson Alejandro

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

---

Ing. Emilio Tumipamba  
COORDINADOR DE CARRERA

Sangolquí, 2009-04

## DEDICATORIA

El esfuerzo y trabajo realizados para desarrollar el presente proyecto dedico a mis padres Alicia y Nelson, quienes con amor, paciencia y entrega supieron acompañarme durante mis años de estudiante.

A mi hermano Byron, mi novia Naty, a mis buenos amigos y compañeros Carlos Vela "Chicho", Ricardo Berrú "Pitbull" y Ramiro Pérez "Primo" quienes me dieron el apoyo moral y psicológico cuando lo necesité.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Sr. Ing. Jorge Miño, por abrir las puertas de Industria Acero de los Andes para la realización del presente proyecto.

A todo el personal de IAA que transmitió su experiencia a mi persona; a los compañeros de la empresa que dejaron ese rol y pasaron a ser amigos como son: José Palma, Marco Cortez, Pablo Miño y en especial a Fernando Cadena y Miguel Vásconez que fueron los iniciadores de la idea del proyecto.

A los señores ingenieros Carlos Naranjo y Carlos Suntaxi que con mucho acierto dirigieron el proyecto.

A la Escuela Politécnica del Ejército y a la Carrera de Ingeniería Mecánica por su selecto cuerpo de docentes; en especial a los señores profesores Ing. Joe García, Fís. Marcelo Arias, Ing. Emilio Tumipamba y al Ing. Carlos Naranjo que se ganaron la admiración de mi parte por la entrega que ponen al momento de enseñar.

## **INDICE DE CONTENIDOS**

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	ii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTOR	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE DE CONTENIDOS	vi
INDICE DE FIGURAS	ix
NOMENCLATURA	xi
ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv

### **CAPITULO 1**

#### **GENERALIDADES**

1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4 ALCANCE	3
1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	3

### **CAPITULO 2**

#### **LEVANTAMIENTO TÉCNICO**

2.1 FUNCIÓN	5
2.2 ESPECIFICACIONES ACTUALES	6
2.3 CONDICIONES ACTUALES	7
2.3.1 CONDICIONES FÍSICAS	7
2.3.2 CONDICIONES DE OPERACIÓN	8
2.4 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS	12
2.4.1 DETERMINAR LA CAPACIDAD DEL INTERCAMBIADOR DE RIELES	12
2.4.2 ESTABLECER EL SISTEMA ADECUADO DE TRACCIÓN	13

2.5	ESPECIFICACIONES A ALCANZAR	13
-----	-----------------------------	----

### CAPITULO 3

#### TOMA DE DECISIÓN PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DEL SISTEMA DE TRACCIÓN

3.1	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	15
3.1.1	ALTERNATIVA 1: REDIMENSIONAR EL MOTOR Y MEJORAR LAS FACILIDADES PARA LA COLECCIÓN DE AGUA	15
3.1.2	ALTERNATIVA 2: DISEÑAR UN MECANISMO PARA LA ROTACIÓN.	16
3.1.3	ALTERNATIVA 3: DISEÑAR UN SISTEMA DE ENGRANAJES	17
3.2	CRITERIOS DE SELECCIÓN	18
3.3	ESCALA DE VALORACIÓN	20
3.4	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA	20

### CAPITULO 4

#### REDISEÑO DEL INTERCAMBIADOR

4.1	DISEÑO DE ELEMENTOS MECÁNICOS	21
4.1.1	CÁLCULO CINEMÁTICO Y DINÁMICO	21
4.1.2	DISEÑO DE LOS ENGRANES	26
4.1.3	DISEÑO DEL EJE PARA EL PIÑÓN	33
4.1.4	DISEÑO DE LA CHAVETA	38
4.1.5	SELECCIÓN DE RODAMIENTOS	39
4.1.6	DISEÑO DEL SOPORTE PARA EL MOTOREDUCTOR	41
4.1.7	SELECCIÓN DE LOS PERNOS PARA EL ANCLAJE DEL SOPORTE	54
4.1.8	DISEÑO DEL SOPORTE PARA LA CORONA	54
4.1.9	DISEÑO DE LA SOLDADURA S1	55
4.1.10	DISEÑO DE LA SOLDADURA S2	56
4.1.11	DISEÑO DE LOS PERNOS DE SUJECIÓN PARA LA CORONA	57
4.2	PROGRAMACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA FABRICACIÓN	58
4.2.1	LISTA DE MATERIALES	58
4.2.2	DIAGRAMAS DE PROCESO	59

4.3	TRABAJOS COMPLEMENTARIOS	64
-----	--------------------------	----

## CAPITULO 5

### ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

5.1	MATERIALES	65
5.1.1	LÁMINA ACERO A-36	65
5.1.2	EJE	65
5.1.3	PERNOS	65
5.1.4	PERFILERIA	66
5.1.5	CHUMACERAS	66
5.1.6	EQUIPO ELÉCTRICO	66
5.2	MANO DE OBRA Y CONSUMIBLES	66
5.3	OBRA CIVIL	67
5.4	COSTOS ADMINISTRATIVOS FINANCIEROS	67
5.5	BENEFICIOS	67
5.5.1	AUMENTO DE LA CONFIABILIDAD DEL EQUIPO	67
5.5.2	SEGURIDAD INDUSTRIAL	68
5.6	ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO	68

## CAPITULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	CONCLUSIONES	71
6.2	RECOMENDACIONES	72

## ANEXOS

### BIBLIOGRAFÍA



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Esquema de ubicación del intercambiador de rieles entre la sección de granallado y pintura.	1
Figura 2.1	Diagrama de proceso de producción de IAA	5
Figura 2.2	a) Intercambiador en dirección a la cabina de granallado. b) Intercambiador en dirección a la cabina de pintura.	6
Figura 2.3	Vista real del intercambiador de rieles.	6
Figura 2.4	Corrosión en un elemento estructural	7
Figura 2.5	Pared posterior de la sección de granallado	8
Figura 2.6	Canal de recolección inferior	9
Figura 2.7	Inundación provocada en la sección de granallado	9
Figura 2.8	Inundación producida en la fosa del intercambiador de rieles	10
Figura 2.9	Acumulación de granalla en los canales de ubicación de las rieles	10
Figura 2.10	Arrastre de granalla hacia la fosa del intercambiador	11
Figura 2.11	Acumulación de lodo	11
Figura 2.12	Cargas aplicadas a la viga	14
Figura 2.13	Resumen de resultados del programa Enercalc 6	14
Figura 3.1	Sistema actual de tracción	15
Figura 3.2	Esquema de solución de la alternativa de solución 2	16
Figura 3.3	Esquema de disposición de engranes para la alternativa de solución 3	17
Figura 4.1	Esquema del sistema de engranes	21
Figura 4.2	Dimensiones del equipo genérico	22
Figura 4.3	Dimensiones del sistema estructural del intercambiador	22
Figura 4.4	Distribución de secciones para el cálculo de inercia	23
Figura 4.5	Factores de sobrecarga	27
Figura 4.6	Gráfica para determinar el factor dinámico	28
Figura 4.7	Constantes para la ecuación 4.16	29
Figura 4.8	Factor de espesor de aro	29
Figura 4.9	Factor geométrico	30
Figura 4.10	Fuerza flexionante ejercida en un rayo	32
Figura 4.11	Geometría y DCL del eje para el piñón	33

Figura 4.12	Fuerza Cortante	34
Figura 4.13	Momento flector	34
Figura 4.14	Factor de concentración de esfuerzos de una flecha a flexión	35
Figura 4.15	Factor de concentración de esfuerzos de una flecha a torsión	36
Figura 4.16	Dimensiones de la chaveta	38
Figura 4.17	Esquema del soporte	41
Figura 4.18	Dimensiones del soporte	41
Figura 4.19	Cargas y reacciones en la placa 1	42
Figura 4.20	Geometría de la placa 1	43
Figura 4.21	Detalle del cordón de soldadura	44
Figura 4.22	Cargas aplicadas a los pernos de anclaje del motor	46
Figura 4.23	Cargas aplicadas y Resultantes para cada lado del soporte	47
Figura 4.24	Fuerza Cortante	48
Figura 4.25	Fuerza Axial	48
Figura 4.26	Momento Flector	48
Figura 4.27	Reacciones en el empotramiento	49
Figura 4.28	Estado de esfuerzos en el punto A	49
Figura 4.29	Círculo de Mohr para el estado de esfuerzos en el punto A	50
Figura 4.30	Estado de esfuerzos en el punto A	51
Figura 4.31	Detalle del cordón de soldadura	52
Figura 4.32	Detalle del soporte para la corona	54
Figura 4.33	Esquema de carga para las soldaduras S1 y S2	54
Figura 4.34	Detalle de la soldadura S1	55
Figura 4.35	Detalle de la soldadura S2	56
Figura 4.36	Esquema de carga de los pernos	57
Figura 4.37	Ubicación de la fosa para el piñón	64

## NOMENCLATURA

$\omega_p$	Velocidad angular del piñón
$\omega_g$	Velocidad angular de la corona
$N_p$	Número de dientes del piñón
$N_g$	Número de dientes de la corona
$J_o$	Inercia con respecto al centro de gravedad
$L$	Longitud de la viga
$b_w$	Espesor del alma
$t_w$	Alto del alma
$b_f$	Ancho del patín
$t_f$	Espesor del patín
$r$	Distancia entre los centros de gravedad del conjunto y del elemento, radio
$T$	Torque
$dw$	Variación de velocidad angular
$dt$	Variación de tiempo
$P$	Potencia, paso diametral
$i$	Relación de transmisión de los engranes
$W^t$	Fuerza tangencial
$d_p$	Diámetro de paso
$m$	Módulo
$k_0$	Factor de sobrecarga
$v$	Velocidad lineal
$k'_v$	Factor dinámico
$k_s$	Factor de tamaño
$F$	Ancho de cara del engrane, Fuerza
$Y$	Factor de forma de Lewis
$k_h$	Factor de distribución de carga
$m_B$	Relación entre el alto de diente y el espesor de la corona
$k_b$	Factor de espesor de aro
$Y_j$	Factor geométrico
$\sigma$	Esfuerzo a flexión

$S_a$	Resistencia a flexión
$Y_Z$	Factor de confianza
$Y_N$	Factor de ciclo de carga
$Y_\theta$	Factor de temperatura
$FS, N_f$	Factor de seguridad
$n$	Número de rayos
$M$	Momento flexionante
$S_y$	Resistencia a la fluencia
$k_{fsm}, k_f$	Factor de concentración de esfuerzos
$S_{ut}$	Resistencia última a la tracción
$V$	Fuerza cortante
$F_a$	Fuerza axial
$F_r$	Fuerza radial
$P_0$	Carga estática equivalente
$C_0$	Carga estática máxima
$F_i$	Precarga
$A_t$	Área de tracción del perno
$\tau$	Esfuerzo cortante
$h$	Ancho de la garganta del cordón de soldadura
$SS_y$	Resistencia al cortante

## **ANEXOS**

- ANEXO A - Reporte del departamento de mantenimiento de IAA
- ANEXO B - Selección del perno para anclaje de la chumacera UCF 212
- ANEXO C - Selección del perno para anclaje del soporte para el motor
- ANEXO D - Parámetros para selección del motoreductor
- ANEXO E - Dimensiones de chumaceras SNR
- ANEXO F - Proformas y cotizaciones
- ANEXO G - Carta de Satisfacción
- ANEXO H - Planos

## RESUMEN

El presente proyecto fue desarrollado para buscar soluciones a diferentes problemas generados principalmente por el exceso de agua lluvia que ingresa al área de granallado y pintura de la planta de Industria Acero de los Andes, los mismos que se ven reflejados en el mal funcionamiento del intercambiador de rieles.

Cuando ingresa agua a la fosa donde se encuentra ubicado el intercambiador de rieles, esta se inunda provocando así la pérdida de tracción entre el rueda que da el movimiento al equipo y el piso.

Una vez que el intercambiador ha dejado de trabajar, se procede a empujar el equipo a través del montacargas o por medio de los trabajadores que se encuentran en los alrededores de esta zona; esta operación da origen a riesgos de atropellamiento, y a posibles lesiones debidas al sobre esfuerzo físico realizado por dichas personas.

Para eliminar los problemas que se presentan en el funcionamiento del equipo se buscó alternativas que solucionen la mayor cantidad de problemas existentes.

Una vez analizadas las alternativas, a través de una matriz de decisiones, se optó por el cambio del sistema de tracción, el mismo que fue diseñado para que Industria Acero de los Andes utilizando su tecnología esté en capacidad de fabricar y poner en marcha el nuevo equipo.

Los beneficiarios directos son los operadores que trabajan en la sección de granallado y pintura, en vista que no tendrán que hacer sobre esfuerzos físicos para hacer rotar al intercambiador, y por otro lado Industria Acero de los Andes evita tener que pagar indemnizaciones producto de accidentes provocados por la falla del equipo.

El proyecto es viable técnica, tecnológica y económicamente, por lo tanto se recomienda a Industria Acero de los Andes fabricar, ensamblar y poner en marcha el nuevo sistema de rotación para el intercambiador de rieles.