



U  
N  
E  
X  
P  
O

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA**

**“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”**

**VICE RECTORADO PUERTO ORDAZ**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO DE GRADO**



**REDUCCIÓN DE LOS EFECTOS ANÓDICOS EN CELDAS  
ELECTROLÍTICAS PARA LA PRODUCCIÓN DEL ALUMINIO  
PRIMARIO EN CVG ALCASA**

**REYES, G. NAIRELLYS D.**

**CIUDAD GUAYANA, NOVIEMBRE 2009**

**REDUCCIÓN DE LOS EFECTOS ANÓDICOS EN CELDAS ELECTROLÍTICAS  
PARA LA PRODUCCIÓN DEL ALUMINIO PRIMARIO EN CVG ALCASA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA  
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”  
VICERRECTORADO PUERTO ORDAZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
TRABAJO DE GRADO**

**REDUCCIÓN DE LOS EFECTOS ANÓDICOS EN CELDAS ELECTROLÍTICAS  
PARA LA PRODUCCIÓN DEL ALUMINIO PRIMARIO EN CVG ALCASA**

Trabajo de Grado presentado ante el Departamento de Ingeniería Industrial de la UNEXPO Vicerrectorado Puerto Ordaz como un requisito para optar al Título de Ingeniero Industrial

**Reyes González, Nairellys Del valle**

---

**ING. Iván Turmero**  
Tutor Académico

---

**ING. Nelson Ramírez**  
Tutor Industrial

**CIUDAD GUAYANA, NOVIEMBRE 2009**

**NAIRELLYS DEL VALLE REYES GONZALES.**

**REDUCCIÓN DE LOS EFECTOS ANÓDICOS EN CELDAS  
ELECTROLÍTICAS PARA LA PRODUCCIÓN DEL ALUMINIO PRIMARIO  
EN CVG ALCASA**

114 Pág.

Trabajo de Grado

Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José De Sucre”.

Vicerrectorado Puerto Ordaz. Departamento de Ingeniería Industrial.

Tutor Académico: Ing. Ivan Turmero

Tutor Industrial: Ing. Nelson Ramírez

Ciudad Guayana, Noviembre 2009

Capítulos:

I. El Problema, II. Generalidades de la Empresa, III. Marco Teórico, IV. Marco Metodológico, V. Situación Actual, VI. Análisis y Presentación de los resultados, VII. Situación Propuesta, Conclusiones, Recomendaciones, Bibliografía, Apéndices y Anexos.



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA**  
**“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”**  
**VICERRECTORADO PUERTO ORDAZ**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**TRABAJO DE GRADO**

**ACTA DE APROBACIÓN**

Quienes suscriben, miembros del jurado designados, para examinar el Trabajo de Grado presentado por la bachiller **Reyes González Nairellys Del valle**, portadora de la Cedula de Identidad N° 16.391.028, titulado ***“REDUCCIÓN DE LOS EFECTOS ANÓDICOS EN CELDAS ELECTROLÍTICAS PARA LA PRODUCCIÓN DEL ALUMINIO PRIMARIO”***, como requisito para la aprobación del Trabajo de Grado. Consideramos que dicho Trabajo de Grado cumple con los requisitos exigidos para tal efecto y por tanto lo declaramos: **APROBADO**.

---

**Ing. Iván Turmero**  
**Tutor Académico**

---

**Ing. Nelson Ramírez**  
**Tutor Industrial**

---

**Ing. Ali Martínez**  
**Jurado**

---

**Ing. Andrés Eloy Blanco**  
**Jurado**

**CIUDAD GUAYANA, NOVIEMBRE 2009**

---

## DEDICATORIA

A Dios por todas las bendiciones recibidas.

A mis padres, pilar fundamental de mi formación.

A mi hijo y esposo.

A toda aquellas personas que de una u otra forma colaboraron con el logro de mi éxito.

## AGRADECIMIENTO

Ante todo quiero agradecerle a **DIOS** por haberme dado la vida y el don del saber los conocimientos que he adquirido hasta los momentos.

A mis **padres y hermanos** porque sin su ayuda y constante esfuerzo no estuviera donde estoy.

A mi **hijo Adrián y mi esposo David** quienes han estado conmigo durante la culminación de esta meta.

A la **UNEXPO** por haberme dado la oportunidad de formarme como persona de bien y provecho.

A la Empresa **CVG ALCASA** por darme la oportunidad de realizar la tesis.

A mi **Tutor Académico e industrial** Ing. Iván Turmero y Nelson Ramírez, que me ha guiado y brindado su colaboración en el desarrollo del informe de pasantía.

De igual forma, al **Ing. Juan Castillo**, por todo el conocimiento impartido a lo largo del estudio, por las asesorías y amistad brindada durante mi pasantía.

A mis compañeras **Enerlis, Mayerling, Yolibel y Keyla** por haber compartido buenos y malos momentos y brindarme su ayuda incondicional cuando más lo necesitaba.

Al señor **Ángel Silva** y al señor **Amanero miguel** por su colaboración durante la realización de este informe.

**Gracias a todos!**

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA  
ANTONIO JOSÉ DE SUCRE  
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
TRABAJO DE GRADO**

**REDUCCIÓN DE LOS EFECTOS ANÓDICOS EN CELDAS  
ELECTROLÍTICAS PARA LA PRODUCCIÓN DEL ALUMINIO PRIMARIO  
EN CVG ALCASA**

**Autor: Nairrellys Reyes**

**Tutor Académico: Ing. Iván Turmero**

**Tutor Industrial: Ing. Nelson Ramírez**

**RESUMEN**

El estudio fue realizado en el área de Línea III Celdas II de CVG ALCASA, donde el objetivo primordial fue REDUCIR LOS EFECTOS ANÓDICOS EN CELDAS ELECTROLÍTICAS PARA LA PRODUCCIÓN DEL ALUMINIO PRIMARIO. Para la realización del análisis de los resultados, se tomaron como muestra los datos obtenidos desde el año 2005 al año 2008 y así de esta manera construir gráficos de líneas con la intención de observar la variación de los efectos a través de los años. También se hizo una proyección de la reducción de los efectos anódicos para los próximos años y como influyen estos en los costos de energía. Finalmente se implementaron medidas para la minimización de los efectos anódicos y así reducir costo y preservar el ambiente.

**Palabras Claves:** Celdas Electrolíticas, Costo, Ambiente, Alcasa, Efectos Anódicos, Reducción.

## ÍNDICE GENERAL

|   | Páginas. |
|---|----------|
| <b>DEDICATORIA</b> .....                  | vi       |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....               | vii      |
| <b>RESUMEN</b> .....                      | viii     |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....                 | 1        |
| <br>                                      |          |
| <b>CAPÍTULO I</b> .....                   | 3        |
| <b>EL PROBLEMA</b> .....                  | 3        |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....       | 3        |
| 1.2. ALCANCE.....                         | 4        |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN.....                   | 5        |
| 1.4. DELIMITACION.....                    | 5        |
| 1.5. OBJETIVOS.....                       | 5        |
| <br>                                      |          |
| <b>CAPÍTULO II</b> .....                  | 7        |
| <b>GENERALIDADES DE LA EMPRESA</b> .....  | 7        |
| 2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....       | 7        |
| 2.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....            | 7        |
| 2.3. RESEÑA HISTÓRICA.....                | 8        |
| 2.4.                                      |          |
| MISIÓN.....                               | 10       |
| 2.5.                                      |          |
| VISIÓN.....                               | 10       |
| 2.6. POLÍTICA DE LA CALIDAD.....          | 10       |
| 2.7. OBJETIVOS.....                       | 10       |
| 2.8. FUNCIONES.....                       | 11       |
| 2.9. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA GENERAL..... | 11       |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.10. INSTALACIONES DE LA EMPRESA.....                    | 12        |
| 2.11. MATERIAS PRIMAS.....                                | 16        |
| 2.12. PRODUCTOS QUE FABRICA LA EMPRESA.....               | 18        |
| <b>CAPÍTULO III.....</b>                                  | <b>19</b> |
| <b>MARCO TEÓRICO.....</b>                                 | <b>20</b> |
| 3.1. BASES TEÓRICAS.....                                  | 20        |
| 3.2. CELDAS ELECTROLÍTICAS.....                           | 21        |
| 3.3. PROCESO DE REDUCCIÓN ELECTROLÍTICA.....              | 22        |
| 3.4. EFICIENCIA DE CORRIENTE.....                         | 22        |
| 3.5. EFECTOS ANÓDICOS.....                                | 23        |
| 3.5.1. VENTAJAS DEL EFECTO ANÓDICO.....                   | 25        |
| 3.5.2. DESVENTAJA DE LOS EFECTOS ANODICOS.....            | 25        |
| 3.6. EFECTO INVERNADERO.....                              | 25        |
| 3.7. COMPUESTOS PERFLUOROCARBONADOS (PFC).....            | 26        |
| 3.8. GRÁFICOS DE LÍNEA:.....                              | 27        |
| 3.9. DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....                            | 27        |
| <b>CAPÍTULO IV.....</b>                                   | <b>30</b> |
| <b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>                            | <b>30</b> |
| 4.1. TIPO DE ESTUDIO.....                                 | 30        |
| 4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....                             | 31        |
| 4.3. INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN..... | 32        |
| 4.4. MATERIALES Y EQUIPOS.....                            | 32        |
| 4.5. PROCEDIMIENTO.....                                   | 33        |
| <b>CAPÍTULO V.....</b>                                    | <b>35</b> |
| <b>SITUACION ACTUAL.....</b>                              | <b>35</b> |
| 5.1. IMPACTO DE LOS EFECTOS ANÓDICOS.....                 | 35        |

|   |           |
|---|-----------|
| 5.2. DIAGRAMA CAUSA-EFECTO.....   | 37        |
| 5.3. ANÁLISIS DEL DIAGRAMA CAUSA EFECTO.....                                      | 38        |
| 5.4. FUENTES CONTAMINANTES GENERADA POR LOS EFECTOS ANÓDICOS.....                 | 41        |
| <b>CAPITULO VI.....</b>   | <b>45</b> |
| <b>ANALISIS Y PRESENTACION DE LOS RESULTADOS.....</b>                             | <b>45</b> |
| 6.1. EFECTOS ANÓDICOS AÑO 2005.....   | 45        |
| 6.2. EFECTOS ANÓDICOS AÑO 2006.....   | 47        |
| 6.3. EFECTOS ANÓDICOS AÑO 2007.....   | 49        |
| 6.4. EFECTOS ANÓDICOS AÑO 2008.....   | 50        |
| 6.5. COSTOS ASOCIADOS A LA GENERACIÓN DE LOS EFECTOS ANÓDICOS.....                | 52        |
| <b>CAPITULO VII.....</b>  | <b>59</b> |
| <b>SITUACION PROPUESTA.....</b>   | <b>59</b> |
| 7.1. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....   | 59        |
| 7.2. NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE PROCESO.....                                     | 61        |
| 7.3. REALIZAR BENCHMARKIN O ESTUDIOS COMPARATIVOS DE FISOLOSOFIAS DE CONTROL..... | 62        |
| 7.4. MEDIDA DE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.....                                 | 63        |
| 7.4.1. UNIDAD DE CONTROL AMBIENTAL.....   | 63        |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>  | <b>66</b> |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>68</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>  | <b>69</b> |
| <b>APENDICES.....</b>   | <b>71</b> |
| APÉNDICES 1.....  | 72        |
| APÉNDICES 2.....  | 78        |

---

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| APÉNDICES 3.....   | 83        |
| APÉNDICES 4.....   | 89        |
| <b>ANEXOS.....</b> | <b>95</b> |
| Anexo 1.....       | 98        |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   | <b>Páginas</b> |
|---|----------------|
| <b>Figura 1.</b> Ubicación Geográfica de CVG ALCASA.....    | 8              |
| <b>Figura 2.</b> Estructura Organizativa de CVG ALCASA..... | 11             |
| <b>Figura 3.</b> Vista Aérea de CVG ALCASA.....             | 12             |
| <b>Figura 4.</b> Proceso Productivo de CVG ALCASA.....      | 13             |
| <b>Figura 5.</b> Productos de la Empresa CVG ALCASA.....    | 18             |
| <b>Figura 6.</b> Grafico de Línea.....                      | 27             |
| <b>Figura 7.</b> Diagrama Causa – Efecto.....               | 29             |
| <b>Figura 8.</b> Análisis del Diagrama Causa- Efecto.....   | 38             |
| <b>Figura 9.</b> Tolvas de Grúas.....                       | 39             |
| <b>Figura 10.</b> Rompecostra.....                          | 41             |
| <b>Figura 11.</b> Celdas Electrolíticas.....                | 41             |
| <b>Figura 12.</b> Gases Perfluorocarbonados.....            | 43             |
| <b>Figura 13.</b> Efectos Anódicos Año 2005.....            | 46             |
| <b>Figura 14.</b> Efectos Anódicos Año 2006.....            | 48             |
| <b>Figura 15.</b> Efectos Anódicos Año 2007.....            | 49             |
| <b>Figura 16.</b> Efectos Anódicos Año 2008.....            | 51             |
| <b>Figura 17.</b> Sistema de Fase Densa.....                | 61             |
| <b>Figura 18.</b> Celdas Hermetizadas.....                  | 64             |
| <b>Figura 19.</b> Sistema FLAKT.....                        | 65             |

## ÍNDICE DE TABLAS

### Páginas.

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Promedio de los Efectos Anódicos del Año 2005..... | 46 |
| <b>Tabla 2.</b> Promedio de los Efectos Anódicos del Año 2006..... | 47 |
| <b>Tabla 3.</b> Promedio de los Efectos Anódicos del Año 2007..... | 49 |
| <b>Tabla 4.</b> Promedio de los Efectos Anódicos del Año 2008..... | 50 |
| <b>Tabla 5.</b> Costo de Varas Verde.....                          | 53 |
| <b>Tabla 6.</b> Costo de Mano de Obra.....                         | 54 |
| <b>Tabla 7.</b> Costo de Materia Prima.....                        | 55 |
| <b>Tabla 8.</b> Proyección de Reducción de Consumo de Energía..... | 56 |
| <b>Tabla 9.</b> Costo del Consumo Extra de Energía.....            | 58 |

---

## INTRODUCCIÓN

Las celdas electrolíticas son el corazón del proceso productivo y lo que allí sucede, en ocasión constituye un gran enigma, que se ha ido descifrando con las innumerables investigaciones realizadas a fin de mejorar tanto las condiciones de operación como las productivas.

En celdas II línea III CVG ALCASA se lleva a cabo el proceso de reducción del aluminio el cual se desarrolla bajo una serie de parámetros técnico-operativos.

La siguiente Investigación presenta la reducción de los efectos anódicos en celdas electrolíticas para la producción del aluminio primario en CVG ALCASA.

El presente estudio surge por la necesidad de mejorar la eficiencia de las operaciones del proceso de reducción del aluminio ya que desde hace un tiempo se ha venido descifrando la influencia del fenómeno del efecto anódico y la alta frecuencia de los mismos en dicho proceso.

Este trabajo es importante para la empresa CVG ALCASA, ya que reducir los efectos anódicos implica minimizar costo, impacto ambiental y mejoras en el proceso. Lo cual beneficiaran y hará más eficiente a la línea de celdas en el presente y futuro.

Este informe se desglosa de la siguiente manera:

**Capítulo I:** El Problema, donde se hace el planteamiento del problema, los objetivos a cumplir, la justificación e importancia, delimitación y alcance de la investigación.

**Capítulo II:** Generalidades de la empresa, en el cual se incluyen las referencias de la empresa.

**Capítulo III:** Marco Teórico, que contiene todas las bases teóricas empleadas en el desarrollo del estudio.

**Capítulo IV:** Marco Metodológico, donde se incluye la población y muestra, y los instrumentos para la recolección de los datos.

**Capítulo V:** Situación Actual, donde se explica a detalle la problemática existente en Celdas II Línea III.

**Capítulo VI:** Presentación y Análisis de Resultados.

**Capítulo VII:** Situación Propuesta, donde se formulan una serie de propuestas acorde a la situación actual.

Y finalmente se presentan las **Conclusiones, Recomendaciones, Bibliografía, los Apéndices y Anexos.**

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

En este capítulo detalla la problemática en estudio, así como la formulación de los objetivos que se persiguen con la investigación, incluye el alcance, justificación o importancia y delimitación de la reducción de los Efectos Anódicos en Celdas Electrolíticas para la Producción del Aluminio Primario en CVG ALCASA.

#### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

CVG ALCASA es una empresa que emplea el aluminio en estado líquido que proviene de las celdas electrolíticas para preparar aleaciones de mejor valor agregado de acuerdo a los requerimientos y necesidades del cliente.

En Celdas II Línea III CVG ALCASA se lleva a cabo el proceso de reducción del aluminio el cual se desarrolla bajo una serie de parámetros técnicos – operativos.

Cabe destacar que uno de los problemas más comunes que se presentan en esta área son los efectos anódicos el cual viene dado cuando la concentración de alúmina en el baño se reduce en un 2% aproximadamente trayendo como consecuencia un incremento de voltaje de celda y por lo tanto un mayor consumo de energía, impacto al medio ambiente por lo gases generados durante el efecto anódico y los cuales afectan y contaminan la atmósfera, y también desestabiliza tanto el control del proceso productivo como los costos de producción debido a que hay un mayor consumo de carbones, electrolitos y varas verdes.

Debido a que los efectos anódicos se presentan muy seguidos, es decir fuera del tiempo programado, se hace necesario el presente estudio para reducir la frecuencia y tiempo de duración de tales efectos en una primera etapa de 0.5 luces/celdas/día a 0.20 luces/celdas/día ya que el objetivo de esta área es generar 0 luces/celdas/días, esto a través del establecimiento de propuesta de mejora para un control óptimo y adecuado de los mismos, todo esto con la finalidad de minimizar las emisiones de gases, mejorar la calidad del medio ambiente, la vida de los trabajadores, calidad de operación y reducir los costos de energía, generando así beneficios para la empresa.

## **1.2. ALCANCE**

El estudio tiene la finalidad reducir la frecuencia y duración de los efectos anódicos todo esto para minimizar las emisiones de gases perfluorocarbonados al ambiente es decir, mejora del área y su entorno, reducción del impacto del efecto invernadero, reducción del consumo de energía, mejora en la eficiencia de corriente y minimizar el consumo de varas

verdes, lo cual favorece directamente a la preservación de bosque y reducción de costo.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Las celdas electrolíticas son el corazón del proceso productivo de fabricación del aluminio, la eficiencia de estas celdas depende del control de parámetros que intervienen en el proceso de producción del aluminio.

La necesidad de este estudio se fundamenta en proponer mejoras para reducir los efectos anódicos lo cual se considera indispensable para optimizar el proceso de reducción del aluminio, salvaguardar la vida de los operarios, los niveles de temperatura y minimizar los costos de energía.

### **1.4. DELIMITACION**

El estudio se realizó en el área de Celdas II Línea III de la empresa CVG ALCASA en un periodo de 20 semanas, donde se implementaran medidas para la reducción de los efectos anódicos en las celdas electrolíticas.

### **1.5. OBJETIVOS**

#### **1.5.1. Objetivo General**

Reducir los efectos anódicos en las celdas electrolíticas para la producción del aluminio primario.

### **1.5.2. Objetivos Específico**

1. Realizar un diagnóstico de la situación actual de los efectos anódicos en el proceso productivo.
2. Realizar un seguimiento a la frecuencia de los efectos anódicos en Celdas II Línea III a través del número de luces/día/celdas de acuerdo a la data histórica desde el año 2005 hasta la actualidad.
3. Definir las causas que producen el efecto anódico a través de un diagrama Causa – Efecto.
4. Realizar un análisis estadístico a través de Excel para comparar el comportamiento de los efectos anódicos desde el año 2005 hasta la actualidad.
5. Evaluar a través de una estimación de costo la incidencia de los efectos anódicos en la estructura de costo de producción.
6. Evaluar el impacto ambiental de los efectos anódicos.
7. Proponer un plan de acciones para reducir y controlar la frecuencia y duración de los efectos anódicos.
8. proponer medidas de control ambiental.

## CAPÍTULO II

### GENERALIDADES DE LA EMPRESA

En este Capítulo se describe la empresa donde tuvo lugar la investigación CVG ALCASA, desde su origen, estructura general, ubicación hasta el proceso que en ella se realiza.

#### 2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

CVG aluminio del Caroní S.A es una empresa del, estado, tutelada por la corporación venezolana de Guayana (CVG), la cual se encuentra en el sector aluminio nacional e internacional como uno de los mayores productores de metal, esta cuenta con un capital social de Bs. 51.442.418.000.00. Además tiene una capacidad de producción de 10000 TM/año de aluminio primario para abastecer el mercado nacional e internacional.

#### 2.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La Región Guayana es el centro de la industria del aluminio en Venezuela, ésta región privilegiada está localizada al sur del río Orinoco, con una extensión de 448.000 km<sup>2</sup> que representa exactamente la mitad del territorio venezolano. En ella se encuentra ubicada la empresa CVG

ALCASA específicamente en la zona Industrial Matanzas en el margen derecho del río Orinoco, en la parte sur-oeste de Ciudad Guayana, Estado Bolívar, ocupando una superficie total aproximada de 174 hectáreas.(Ver Figura 1).



Figura 1.Ubicación Geográfica de CVG ALCASA  
Fuente: Intranet

### 2.3. RESEÑA HISTÓRICA

El desarrollo de la industria del aluminio en la Región Guayana se inició hace más de tres décadas con los programas destinados al aprovechamiento del potencial hidroeléctrico de sus principales ríos, mediante la construcción de las represas Guri y Macagua. La disponibilidad y bajo costo de la energía, la reserva de bauxita como materia prima inicial, la capacidad del país para invertir, la estratégica ubicación geográfica, junto con las facilidades de acceso al mar a través del Río Orinoco, determinaron el que Venezuela pudiera producir aluminio en condiciones competitivas a nivel de América Latina y mundial.

En diciembre de 1960, se constituye en Venezuela la empresa CVG Aluminio del Caroní, S.A. (ALCASA) como producto de la asociación entre la

Corporación Venezolana de Fomento(50%), que en Febrero de 1.961 traspasa sus acciones a la Corporación Venezolana de Guayana (CVG), y Reynolds Internacional INC (50%). quedando oficialmente inaugurada el 14 de octubre de 1967, la cual estaba constituida por la Sala “A” de Línea I de las celdas de reducción, una Sala de Envarillado de Ánodos y una Sala de Fundición. En 1968, se desarrolló Fase II, que consistió en una Sala de Reducción- Sala “B” con una capacidad de 13 mil toneladas métricas de producción por año, más otra planta de ánodos y sus hornos de cocción denominada Planta de Carbón, una Planta de Laminación y una Planta de Hoja delgada, está última ubicada en Guacara, estado Carabobo (actualmente no forma parte de ALCASA, y es conocida como ALUCASA – GUACARA. Para 1973, se culminó la Fase II, constituida por una nueva Línea II de Reducción de 28 mil toneladas métricas, y una expansión de la Sala de Fundición.

A finales de 1974, se cambia la tecnología usada hasta ese momento para la producción de aluminio, mediante la incorporación de una nueva Línea III elevando la producción a 180 mil TM/A, de alta densidad de corriente de 160 mil amperios. Posteriormente, a los cinco años de operación exitosa de la Línea III, con una nueva tecnología para atender el incremento en el mercado de exportación, se planteó aumentar la capacidad de reducción, es allí cuando nace la Línea IV, y celdas capaces de producir 84 mil TM/A, con 216 celdas tipo Hamburgo. Para mediados de años 80, CVG ALCASA alcanzaba una capacidad instalada de producción de 210 mil TM/A, además de sumarle unas 60 mil TM/A de productos laminados.

## **2.4. MISIÓN**

Producir y comercializar productos de aluminio en forma competitiva, con calidad integral de gestión, participando activamente en la definición de las políticas de desarrollo de la cadena productiva del sector aluminio, asumiendo el papel que a la empresa corresponde.

## **2.5. VISIÓN**

Ser considerados en un período de 5 años una empresa rentable, generadora de dividendos a sus accionistas, confianza a sus clientes transformadores y proveedores y bienestar a sus trabajadores.

## **2.6. POLÍTICA DE LA CALIDAD**

En CVG ALCASA, nuestro compromiso es, elaborar y comercializar, productos de aluminio que satisfagan los requisitos de nuestros clientes, mediante el mejoramiento continuo de la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

## **2.7. OBJETIVOS**

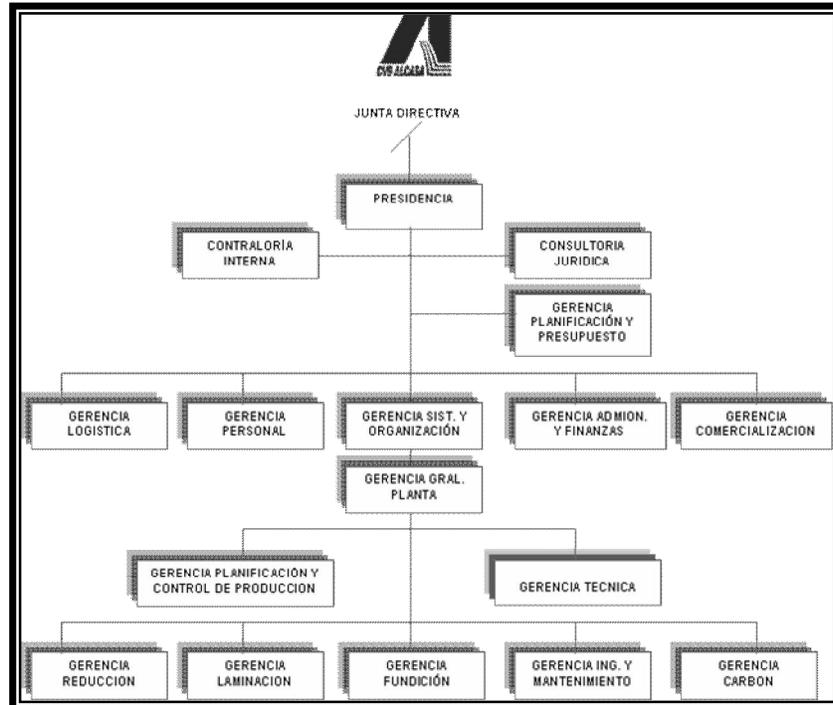
CVG. ALCASA, es una empresa del estado venezolano, tutelada por la Corporación Venezolana de Guayana, cuyos objetivos primordiales son producir y comercializar aluminio primario y sus derivados, en una manera productiva y rentable para cubrir las necesidades de mercado nacional e internacional.

## 2.8. FUNCIONES

Producir y comercializar productos de la industria del aluminio en forma competitiva, satisfaciendo a sus clientes, con producto de muy alto valor, a sus accionistas, con altos dividendos; y a sus trabajadores desarrollándolos y reconociéndoles su inestable contribución en los logros de sus metas propuestas; contribuyendo a la generación de ingresos y al bienestar regional y nacional de la economía y por ende a la nación.

## 2.9. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA GENERAL

A continuación se presenta la estructura organizativa de la empresa CVG ALCASA. (Ver Figura 2).



**Figura 2. Estructura Organizativa de CVG ALCASA**  
Fuente: Intranet

## 2.10. INSTALACIONES DE LA EMPRESA

CVG Aluminio de Caroní, S.A. (ALCASA) está constituida por diversas instalaciones industriales que permiten obtener aluminio de la más alta calidad a costos competitivos.

La planta consta de cuatro líneas de producción de aluminio primario que fueron construidas en seis fases, una planta de carbón (producción de ánodos), las secciones de envarillado, reacondicionamiento de crisoles, reacondicionamiento de celdas, fundición, y la planta de laminación. Además cuenta con instalaciones auxiliares como el muelle, los talleres, los comedores, servicios médicos y el laboratorio analítico. En la Figura 3 se presenta una vista de planta de CVG ALCASA y en la Figura 4 el proceso productivo de la misma.



**Figura 3. Vista Aérea de CVG ALCASA.**  
Fuente: Intranet

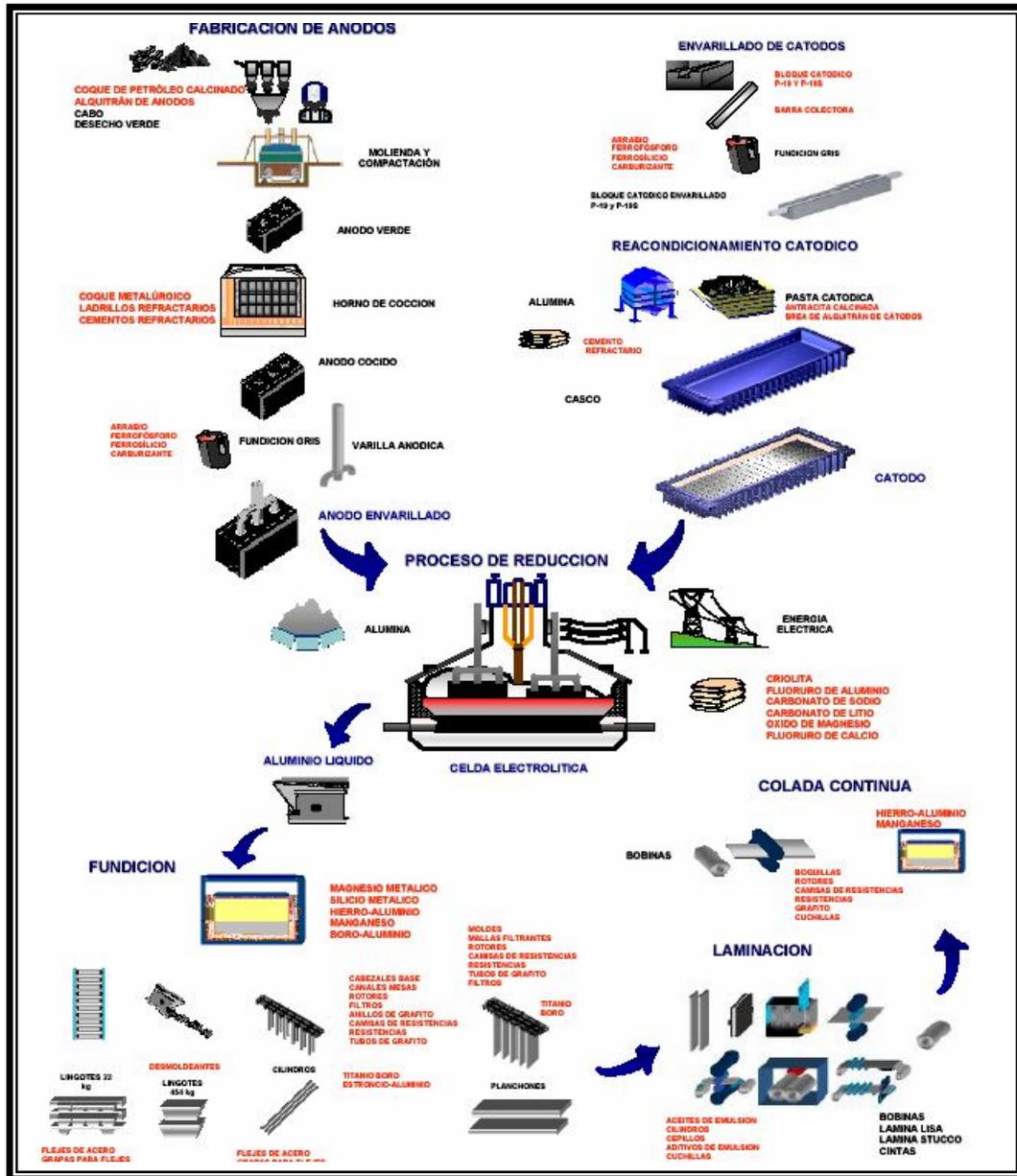


Figura 4. Proceso Productivo de CVG ALCASA  
Fuente: Intranet.

### **2.10.1. Planta de Carbón**

Construida para abastecer el consumo interno de sus cuatro líneas de reducción, la Planta de Carbón de CVG ALCASA con tecnología de mezclado tipo batch, da inicio al proceso de producción de aluminio con la preparación de los ánodos, que representan el polo positivo en el proceso electrolítico. Los ánodos están compuestos de coque de petróleo calcinado y brea de alquitrán, que se combinan y compactan en una máquina vibradora a 145°C, para ser sometidos luego a un proceso de horneado. El ánodo cocido es llevado a la sección de envarillado y de allí a las celdas electrolíticas, dando inicio así al proceso de reducción.

### **2.10.2. Reducción**

El área de reducción es el corazón del proceso de producción del aluminio. Allí se disuelve la alúmina mediante un proceso electrolítico de criolita fundida sobre los 965°C, descomponiéndola en sus dos elementos básicos: oxígeno y aluminio. El oxígeno es atraído por los ánodos hacia la parte superior de la celda, donde se quema y se convierte en dióxido de carbono en el ánodo. El aluminio, a su vez, va hacia el fondo del recipiente y se extrae fundido (líquido) por succión hacia el crisol, para ser enviado a la planta de Fundición.

CVG ALCASA realiza su proceso de reducción por medio de celdas electrolíticas. El complejo operativo de reducción de CVG ALCASA está formado por cuatro (4) líneas las cuales suman un total de 684 celdas, de tecnología Reynolds: 288 del tipo Niagara, modificadas a "Guayana", 180 tipo P-20 y 216 tipo P20S, siendo su capacidad nominal de 210.000 toneladas anuales.

### Tecnología Reynolds Niagara modificada "Celdas Guayana" Alimentación semi-puntual.

Para optimizar el proceso operativo de sus líneas de reducción I y II, los técnicos de CVG ALCASA modificaron la tecnología Reynolds, logrando construir un nuevo modelo de celdas, con el propósito de mejorar las condiciones ambientales. La celda

Guayana, está diseñada para usar un solo rompecostra, una barra de acero de cuatro puntas colocada a lo largo del canal central entre los ánodos, cuya función es romper la costra central y alimentar la alúmina al baño.

### Tecnología Reynolds P-19 Alimentación semi-puntual.

La tecnología P-19 fue desarrollada por Reynolds y modificada por CVG ALCASA (P-20) y usa cuatro rompecostras y alimentadores que actúan simultáneamente. Esta tecnología es usada en las 180 celdas que conforman la Línea III, cuya capacidad nominal es de 208.73 TM/día.

### Tecnología Reynolds P-19S Alimentación puntual.

Esta tecnología fue desarrollada por Reynolds y modificada por CVG ALCASA (P-20S), usa cuatro rompecostras y alimentadores de alúmina. Las 216 celdas que conforman la Línea IV, operan bajo esta tecnología, para una producción de 250.48 TM/día.

### **2.10.3. Fundición**

El aluminio líquido proveniente de las salas de celdas es transferido en crisoles a la planta de Fundición, donde es sometido a diversas pruebas y controles de calidad, pasando luego a diversos moldes para obtener productos como lingotes de 22.5kg. Y 450kg. Otra parte de este metal es

utilizado para fabricar productos elaborados como los cilindros para extrusión y semi elaborados, y los planchones que van a la planta de Laminación.

#### **2.10.4. Laminación**

El aluminio llega a la planta de Laminación en forma de planchones, donde es sometido a un proceso de fresado, para darle una superficie lisa por ambas caras. De allí, pasa a los hornos de precalentamiento donde luego de nivelar su temperatura, es transformado en bobinas, para luego ser acondicionada y llevada al área de acabado. Inaugurada en los comienzos de los años 90, comprende un sistema de laminación en caliente de 120.000 TM/año y 42.000 TM/año de laminación en frío. El nivelador de tensión, el cortador de cintas de bobinas, junto con la línea de embalaje, garantizan la confiabilidad y suministro del producto, todo esto de acuerdo a los requerimientos de los clientes. Adicionalmente se cumple con los estándares más exigentes de calidad, a fin de asegurar: la uniformidad, el espesor, la nivelación y la superficie del metal, lo cual se mantiene gracias a modelos automatizados de los sistemas de control avanzado de procesos.

#### **2.11. MATERIAS PRIMAS**

En la producción de aluminio primario, la energía eléctrica desempeña una función prioritaria.

CVG ALCASA cuenta con una de las instalaciones más avanzadas del mundo: el complejo hidroeléctrico de Guri (Represa Raúl Leoni). La energía eléctrica es recibida por dos grandes subestaciones donde es convertida de corriente alterna a corriente continua, para su utilización directa en las celdas electrolíticas. La alúmina (óxido de aluminio) se extrae del mineral Bauxita,

materia de erosión compuesta principalmente por óxido hidratado de aluminio, laterita y mineral de aluminio. La alúmina se extrae mediante el proceso Bayer, el cual consiste en someterla con una solución de soda cáustica a elevada presión y temperatura. Con este proceso se logra obtener el óxido de aluminio de otros elementos presentes en la bauxita. Venezuela cuenta con reservas probadas de más de 200 millones de toneladas de bauxita en los Pijiguaos, Estado Bolívar.

La Criolita, que es el electrolito ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) que se usa en el proceso de reducción, cuando está fundido se conoce como baño. Tiene la propiedad de disolver la alúmina haciendo posible el proceso de la electrolisis para la reducción.

La Antracita Calcinada, se mezcla con el alquitrán LPS (bajo punto de ablandamiento) para revestir las paredes de las celdas. Esta mezcla permite una buena conductividad eléctrica, baja porosidad para minimizar la absorción de los materiales del baño, y dureza para resistir la erosión que se origina en el proceso de reducción.

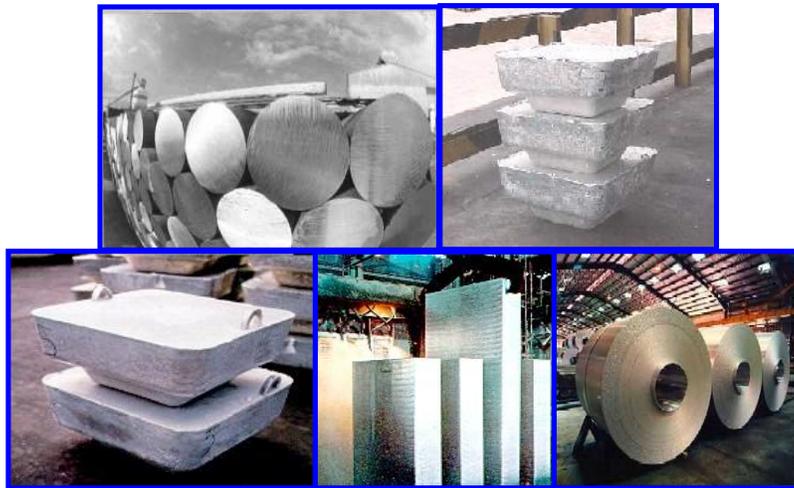
El Coque de Petróleo Calcinado, se coloca con los cabos de carbón (ánodos usados, triturados) y el alquitrán para fabricar los ánodos. En la mezcla se utiliza mediano y fino.

Alquitrán, se utiliza en la fabricación de los ánodos para unir o aglutinar las partículas de coque y de cabos de carbón.

El Fluoruro de Aluminio y el Coque Metalúrgico son las demás materias primas necesarias, la mayoría de ellas materias primas importadas.

## 2.12. PRODUCTOS QUE FABRICA LA EMPRESA

Los productos fabricados por CVG ALCASA se muestran a continuación en la Figura 5.



**Figura 5. Productos de la Empresa CVG ALCASA**  
Fuente: Intranet

 *lingotes estándar.*

CVG ALCASA produce lingotes de 22.5 Kg. en bultos de 45 lingotes de 1012.5 Kg. cada uno.

 *lingotes para extrusión.*

La empresa emplea una tecnología de colada DC vertical, estado del arte para producir lingotes de extrusión en el rango 5 1/8"-10" en diámetro y 16"-152" en longitud. El producto, el cual exhibe una superficie libre de defectos, se entrega homogeneizado y cortado a longitud.

 *lingotes de 454 kg.*

CVG ALCASA suministra lingotes tipo paila de 454 Kg., adecuados para aquellos clientes con hornos de tamaño moderado.

 *lingotes para laminados.*

El proceso emplea la tecnología de colada DC vertical más común en todo el mundo para producir planchones para laminación en una variedad de formatos y longitudes. El producto se entrega en estado de colada y cortado a longitud, para luego ser procesado por plantas de laminación.

 *bobinas, láminas y cintas.*

CVG ALCASA produce una amplia gama de bobinas, láminas y cintas en su planta de laminación.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

En este Capítulo se presentan las bases teóricas mas resaltantes, importantes para la comprensión del tema en investigación así como de otros tópicos necesarios. Se realiza la investigación en torno a los Efectos Anódicos, efectos invernaderos, gases perfluorocarbonados entre otros inherentes al objetivo de la Reducción de los Efectos Anódicos a través de investigación bibliográfica en libros así como en artículos de Internet.

#### **3.1. BASES TEÓRICAS**

Una vez definido el planteamiento del problema y precisado el objetivo general y los objetivos específicos que determinan los fines de la investigación, es necesario establecer los aspectos teóricos que sustentaron la finalidad del estudio.

### 3.2. CELDAS ELECTROLÍTICAS

En las celdas de reducción electrolíticas es donde se lleva a cabo el proceso de obtención del aluminio. Estas están conectadas en un circuito en serie formando las salas de celdas, que a su vez conforman las líneas. En CVG ALCASA existen los siguientes tipos de celdas:

#### Celdas del tipo Niagara (líneas I y II)

Son celdas de alimentación central, control manual y utilizan 28 ánodos de dimensiones 450x520x406.

#### Celdas tipo P-20(línea III)

Son celdas de alimentación por puntos, entrada de corriente en los extremos, control automático centralizado y utilizan 18 ánodos de dimensiones 1400x790x 560mm con yugo de tres puntas descentradas.

#### Celdas tipo P-20S (línea IV)

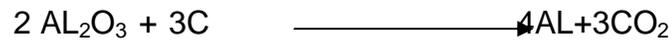
Son celdas de alimentación por puntos mediante alimentadores independiente, entrada de corriente lateral, control automático distribuido y utilizan 18 ánodos de dimensiones 1140x568x450mm con yugo de tres puntas.

#### Celdas tipo Guayana (línea I)

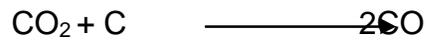
Son Niágaras modificadas de alimentación por puntos, con control automático centralizado y utilizan 10 ánodos con dimensiones 1140x568x450mm con yugo de tres puntas.

### 3.3. PROCESO DE REDUCCIÓN ELECTROLÍTICA

El aluminio se produce al pasar corriente electrolítica continua a través de electrodos (ánodos y cátodos). La reacción que ocurre es:



Esta reacción química corresponde al 100% de eficiencia de corriente, no obstante, el proceso de reducción del aluminio, ocurre una reacción inversa de reoxidación del aluminio depositado en el cátodo en presencia de  $\text{CO}_2$  que reduce la eficiencia de corriente, como es el caso de la reacción de la reacción de Boudouard:



### 3.4. EFICIENCIA DE CORRIENTE

La eficiencia de corriente; es la relación entre la masa efectiva del depósito catódico y la masa teórica, según la ley de Faraday:

$$\text{Efic} = (m_o/m) \times 100$$

Donde:

$m_o$  = masa efectiva del depósito de aluminio, Kg.

$m$  = masa teórica, Kg.

La masa teórica para una eficiencia dada y depositada por el flujo de corriente es:

$$m = m_o * I * t / Z * F$$

Donde:

$m_o$ = masa atómica del aluminio, g

I= corriente, Amp

Z= número de electrones

F=constante de Faraday, 96500 Amp x seg.

Es decir que una hora se tiene que la masa teórica del aluminio producido es:

$M (Al) = 26.98 \cdot 3600 / 3 \cdot 96500 = 0.335 \text{ kg AL.}$

### 3.5. EFECTOS ANÓDICOS

El efecto anódico es un fenómeno común a muchos procesos electrolíticos con sales fundidas. Su manifestación física en la celda es una celda repentina en la corriente eléctrica que pasa a través de la misma y un correspondiente aumento de voltaje (30-50 voltios).

Generalmente, el efecto anódico en la celda de alúmina ocurre cuando la concentración de alúmina en el baño cae por debajo del 2%. Esto conduce a una disminución de la humectabilidad de los ánodos por parte del electrolito, finalmente se forma una película de gas compuesta de pequeñas burbujas con cargas negativas que se acumulan en la parte inferior de los ánodos, creando una especie de aislamiento, lo cual se traduce en un aumento de la resistencia al paso de la corriente, lo que conduce al aumento del voltaje.

Cuando una celda se deja en espera de efecto anódico se llegará a una condición en la cual la concentración de la alúmina es prácticamente cero en la superficie del ánodo. Antes que se logre esta condición el potencial de la celda irá aumentando de acuerdo con la ecuación:

$$V_D = V_D^O + b_{\log} \frac{(C_{CO_2})^3 (C_{Al})^4}{(C_{Al_2O_3})^2 (C_c)^3} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

En el efecto anódico, es decir, cuando la concentración de alúmina es cero, los únicos iones disponibles para descargarse son los provenientes de la criolita, teniendo luego la siguiente ecuación:



Ahora bien debido, probablemente a un cambio en el mojado de la superficie del electrodo por la presencia de una película superficial sobre el mismo, las burbujas se adhieren mas fuertemente al electrodo se unen para formar una burbuja gigante que separa al electrodo del baño. Esta burbuja de CF4 ofrece una resistencia al pasaje de la corriente muy alta, con lo cual el potencial aumenta rápidamente.

La corriente sigue circulando en estas condiciones por medio de arcos voltaicos a través del medio que constituye la burbuja.

Debe quedar claro que durante el efecto anódico no se interrumpe la producción de aluminio, este es un fenómeno exclusivo del ánodo y este cambia la naturaleza de los compuestos que se forman antes y durante el efecto anódico.

Durante el efecto anódico aumenta considerablemente el consumo específico de energía.

### 3.5.1. VENTAJAS DEL EFECTO ANÓDICO

Es un medio de control y chequeo de las condiciones de operación de las celdas, si en la celda a ocurrido el efecto en el tiempo reglamentario programado por el computador se considera que la celda esta operando normal y tiene una alimentación adecuada. Si ocurre antes del tiempo programado se supone que la celda esta deficientemente alimentada y si por el contrario ocurre mucho tiempo después del tiempo programado indica que la celda esta sobrealimentada (formación de lodo) o que tiene exceso de polvillo.

### 3.5.2. DESVENTAJA DE LOS EFECTOS ANODICOS

- ✚ Volatilización del electrolito
- ✚ Reduce la eficiencia de corriente debido al incremento de la temperatura (por cada 10°C de aumento de la temperatura la eficiencia disminuye un 3%)
- ✚ Debilitamiento de la costra del baño lo que provoca un desbalance térmico.
- ✚ Distorsiona el ciclo limpio de alimentación (si no es programado).

### 3.6. EFECTO INVERNADERO

Es el fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar. Afecta a todos los cuerpos planetarios dotados de atmósfera. De acuerdo con el actual consenso científico, el efecto invernadero se está viendo acentuado en la Tierra por la

emisión de ciertos gases, como el dióxido de carbono y el metano, debida a la actividad económica humana.

Este fenómeno evita que la energía solar recibida constantemente por la Tierra vuelva inmediatamente al espacio, produciendo a escala planetaria un efecto similar al observado en un invernadero.

### **3.7. COMPUESTOS PERFLUOROCARBONADOS (PFC)**

Se trata de compuestos orgánicos fluorados, en los que el flúor reemplaza por completo al hidrógeno. Los dos compuestos más conocidos son el Tetrafluoruro de Metano (Freón 14) y el Hexafluoruro de Etano (Freón 116), aunque bajo las siglas PFC se engloban los freones, halones, alcoholes, ésteres... A pesar de que las emisiones de PFC son mucho menores que las de CO<sub>2</sub>, su poder como agente capaz de influir en el calentamiento global es 5.400 veces mayor que el del dióxido de carbono. Su permanencia en la atmósfera es elevada, ya que puede permanecer en la estratosfera durante 10.000 años. En 1995, año base para los compromisos adquiridos en el Protocolo de Kioto, se produjeron en España 108 toneladas de CF<sub>4</sub> y 9,5 toneladas de C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> (790.370 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente). Las emisiones desde entonces permanecen estancadas en cifras ligeramente superiores a las 100 toneladas, equivalentes a 736.900 toneladas de CO<sub>2</sub>, representaron el 0,25% de las emisiones totales brutas de gases de invernadero en España (sin incluir los sumideros).

La práctica totalidad de las emisiones de compuestos perfluorocarbonados se debe a la producción de aluminio.

### 3.8. GRÁFICOS DE LÍNEA

Demuestra la relación entre dos eventos. Una variable se marca en el eje horizontal y la otra en el eje vertical. (Ver Figura 6).

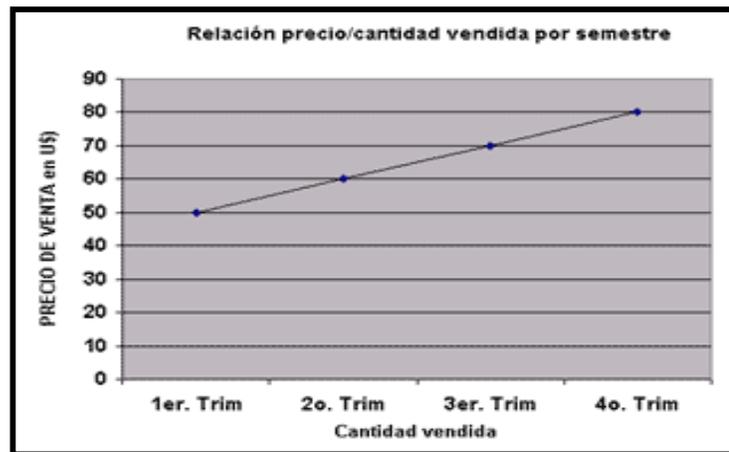


Figura 6. Grafico de Línea

Fuente: [http://www.infomipyme.com/Docs/GENERAL/Offline/GDE\\_05.htm](http://www.infomipyme.com/Docs/GENERAL/Offline/GDE_05.htm)

### 3.9. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

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 (por su creador, el Dr. Kaoru Ishikawa, 1943), ó diagrama de Espina de Pescado y se utiliza en las fases de Diagnóstico y Solución de la causa.

El diagrama Causa-Efecto es un vehículo para ordenar, de forma muy concentrada, todas las causas que supuestamente pueden contribuir a un determinado efecto (Ver Figura 7). Nos Permite, por tanto, lograr un

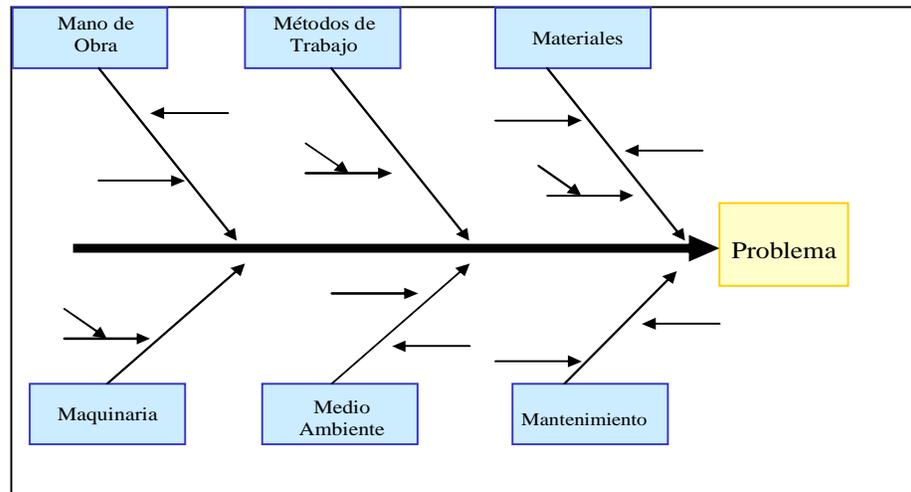
conocimiento común de un problema complejo, sin ser nunca sustitutivo de los datos. Es importante ser conscientes de que los diagramas de causa-efecto presentan y organizan teorías. Sólo cuando estas teorías son contrastadas con datos podemos probar las causas de los fenómenos observables.

Errores comunes son construir el diagrama antes de analizar globalmente los síntomas, limitar las teorías propuestas enmascarando involuntariamente la causa raíz, o cometer errores tanto en la relación causal como en el orden de las teorías, suponiendo un gasto de tiempo importante.

### **Pasos para su Elaboración.**

1. Listar las causas que pueden explicar el comportamiento del efecto bajo el estudio, para ello puede hacerse una tormenta de ideas.
  
2. Subrayar las causas según su afinidad, en tal sentido conviene utilizar las bases de subagrupación de 4M, 5M a 6M.
  - Causas relativas a materiales.
  - Causas relativas a maquinarias.
  - Causas relativas a mano de obra (destrezas, conocimientos).
  - Causas relativas a métodos y sistemas.
  - Causas relativas al mantenimiento.
  - Causas relativas al medio ambiente.
  
3. Con la subagrupación realizada es posible que haya ramas poco indagadas por lo que misma debería ser completadas.

4. Jerarquizar las ramas más importantes para profundizar el diagrama de las mismas.



**Figura 7. Diagrama Causa – Efecto**

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos42/diagrama-causefecto/diagrama-causefecto.shtml>

## CAPÍTULO IV

### MARCO METODOLÓGICO

En este Capítulo se detalla la metodología utilizada para la investigación, iniciando desde el tipo de estudio, Población y Muestra, Fuentes de información y Procedimiento Metodológico para llevar a cabo la investigación.

#### 4.1. TIPO DE ESTUDIO

El presente estudio se desarrolló mediante un diseño no experimental

Según su finalidad, es de tipo aplicada porque permite mejorar los procesos que se desarrollan en el área de celdas II línea III. Pues según Rojas de Narváez (1996) **“Se diseñan estrategias, instrumentos, herramientas totalmente prácticas y directamente relacionadas con una situación real en el ambiente de trabajo”**.

De acuerdo al nivel de profundidad se considera una investigación de tipo descriptiva ya que permite obtener información de tal manera que se logre implementar medidas para la reducción de los efectos anódicos mejorando

así el proceso productivo. De acuerdo a la definición señalada por ROJAS (1997) la investigación descriptiva es **Describir, registrar, analizar e interpretar la naturaleza actual, la composición o los procesos de los fenómenos, para presentar una interpretación correcta.**

De acuerdo al área donde se realizó la investigación, se asume que es Documental y de campo, es documental debido a que la información recopilada se ubica en una data o sistema informativo (SICS), el cual permite actualizar el registro de los informes diarios suministrado por los supervisores de turnos y también porque se requirieron de diversas fuentes bibliográficas para establecer la información referente a técnicas para el control de las bandas de los efectos permisibles y es de campo porque se está en contacto con el sitio de trabajo y se recolectaron datos reales. De acuerdo al autor: La investigación Documental es **“Aquella que se realiza a través de la consulta de documentos (libros, revistas, periódicos, memorias, anuarios, registros, constituciones, etc.). La de Campo o investigación directa es aquella que se realiza observando el grupo o fenómeno estudiado en su ambiente natural. Permite investigar las prácticas, comportamientos, creencias y actitudes de individuos o grupos, tal como se presentan en la vida real. Rojas (1997).**

#### **4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

La Población está conformada por toda la cantidad de luces/celdas/días en el área de Celdas II Línea III.

Para la muestra se tomaron las luces/celdas/día en el periodo establecido, es decir, desde el año 2005 hasta el año 2008 con un promedio mensual de medición de muestra.

### **4.3. INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Según Sabino (1992): **“Un instrumento de recolección de datos es, en principio, cualquier recurso de que se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información”**.

#### **4.3.1. Observación de los Reportes que contiene información de los parámetros**

Se realiza con la finalidad de identificar, conocer y recabar todos aquellos datos de las muestra durante el periodo 2005 hasta la actualidad. Esta información es suministrada por el sistema informático (SICS).

#### **4.3.2. Referencia Bibliográfica**

Esta comprende la revisión bibliográfica, realizada con el objeto de obtener los conceptos básicos que sirvieron de fundamento para el desarrollo de este estudio.

Hoja de registro de parámetros donde se lleva acabo el control de las cantidades y frecuencia de los efectos anódicos.

### **4.4. MATERIALES Y EQUIPOS**

#### **4.4.1. Recursos Físicos**

 Sistema SICS.

- ✚ Un computador.
- ✚ Programa Microsoft Word.
- ✚ Programa Microsoft Excel.
- ✚ Lápiz

#### **4.4.2. Equipo de Protección Personal**

- ✚ Casco de seguridad.
- ✚ Lentes de seguridad.
- ✚ Botas de seguridad.
- ✚ Pantalón (Jean).
- ✚ Camisa
- ✚ Chaqueta (Jean).
- ✚ Mascarilla.

#### **4.5 PROCEDIMIENTO**

1. Evaluar la situación actual a través de visitas repetidas al área de estudio para observar la frecuencia de los efectos anódicos.
2. Seguimiento y exploración de los efectos anódicos a través de los reportes diarios y mensuales para observar la frecuencia de incidencia de estos en el proceso productivo.
3. Identificación de las causas que generan los efectos anódicos a través de un diagrama Causa – Efecto.
4. Interpretación de los efectos anódicos a través de las herramientas estadísticas estudiada para observar su comportamiento desde el año 2005 hasta la actualidad.
5. Realizar una estimación de los costos asociados a la generación de los efectos anódicos y que afectan a los costos de producción.
6. Evaluar el impacto ambiental que generan los efectos anódicos.

- 
7. Implementación de un plan de acción que conlleve al control y reducción de los efectos anódicos.
  8. Implementación de medidas de protección ambiental.

## CAPÍTULO V

### SITUACION ACTUAL

En el presente capítulo se explica las condiciones en las que se encuentra actualmente los efectos anódicos en el área de celdas II Línea III de CVG ALCASA, aquí se pudo recopilar información inherente a las principales causas que provocan los efectos anódicos y como influyen esto en el proceso productivo, costo de producción y medio ambiente, se realiza un diagrama Causa –Efecto para los efectos anódicos.

#### 5.1. IMPACTO DE LOS EFECTOS ANÓDICOS

Generalmente, el efecto anódico en las celdas de aluminio ocurre cuando la concentración de alúmina cae por debajo del 2%. Siendo esta la causa principal ya que el baño electrolítico mejora su capacidad humectante al tener alúmina disuelta en el, por lo tanto el contacto entre el ánodo y el baño es óptimo, y disminuye cuando la concentración de alúmina va decreciendo a través del mismo proceso (disolución de alúmina). Al disminuir la humectabilidad, se va incrementando la resistencia eléctrica entre el baño y el ánodo produciéndose un aumento del voltaje. Este aumento es provocado o causado, generalmente por la falta de alúmina, y el baño electrolítico al no disponer de suficiente alúmina tiende a consumir fluoruro de aluminio.

Cabe destacar que los efectos anódicos pueden ser programados y no programados, los programados son provocados por el sistema de control de celda mientras que los no programados son producidos por condiciones de operatividad de la celda como son:

- ✚ Tolvas vacías
- ✚ Fallas mecánicas y eléctricas en la descarga de la tolva.
- ✚ Celdas en manual por tiempo prolongado.
- ✚ El Tiempo de alimentación no es el adecuado, entre otros.

Aunque la frecuencia sea fijada, la ocurrencia del efecto anódico es imprevista, ya que suele ocurrir antes o después del tiempo programado.

Actualmente en Celdas II Línea III la frecuencia de los efecto anódico se encuentra en 0.50 luces/celdas /día, ya que la mayoría suceden fuera del tiempo programado, Pero el objetivo de esta área es llevarlo a una frecuencia de 0.20 luces/celdas/día y con una duración de 180 segundos en primera instancia, debido a que el objetivo real es generar cero efecto anódico ya que así se reduciría el consumo de energía, la contaminación del medio ambiente y favorecería a la preservación de bosque al disminuir el consumo de varas verdes y al disminuir todo esto, también disminuyen los costo de producción.

A continuación se detallan las influencias de los efectos anódicos en las celdas:

1. Incremento del consumo de energía.
2. Perdida de la estabilidad térmica.
3. Reducción de la vida útil de la celda
4. Cambios en la químicas de baño

5. Disminución de la eficiencia de corriente
6. Debilitamiento de las paredes laterales, formación de casco rojo y posibles perforaciones de pared asociadas.
7. Fractura del cátodo debido a expansiones y contracciones térmica.
8. Generación de gases perfluorocarbonados ( $CF_4$  y  $CF_6$ )
9. Incremento del consumo de fluoruro de aluminio.
10. Incremento del consumo de palos verdes
11. Estrés personal.

## 5.2. DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

Para tener una noción de manera sencilla la problemática de los efectos anódicos, se presenta un diagrama causa- efecto la cual refleja las causas que pudiesen afectar la alimentación de alúmina siendo esta la causa principal de la ocurrencia de los efectos anódicos. (Ver grafico 1)

El diagrama causa-efecto es una herramienta técnica que permite encontrar la relación entre un efecto y sus causas inmediatas.

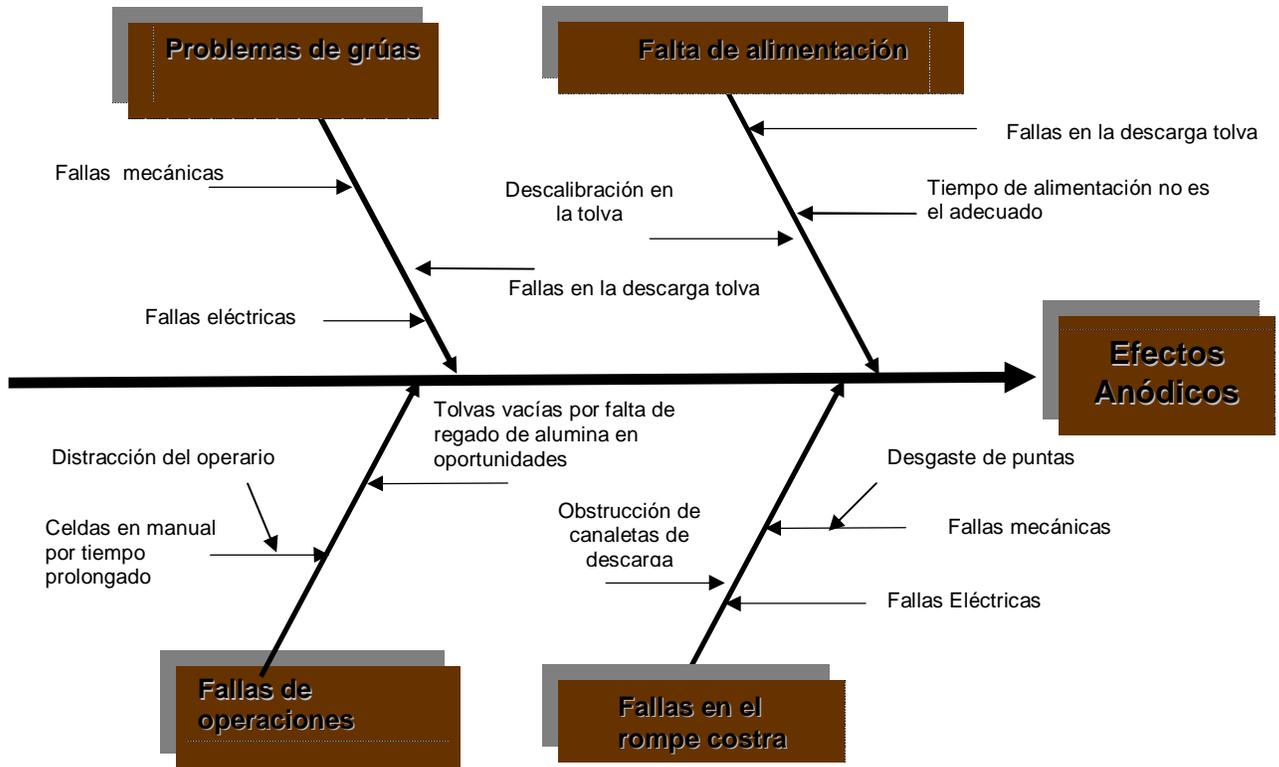


Figura 8. Análisis del Diagrama Causa- Efecto.  
Fuente: Elaboración Propia

### 5.3. ANÁLISIS DEL DIAGRAMA CAUSA EFECTO

#### 5.3.1. Falta de alúmina

La falta de alúmina es el factor principal causante de los efectos anódicos en el proceso de reducción del aluminio primario.

La falta de alimentación de alúmina en las celdas se debe en gran parte a las fallas que presentan las tolvas de descarga ya sean en las que se

encuentran en la grúas o en las tolvas internas de la celdas, y estas fallas pueden ser mecánicas o eléctricas, y lo cual no permite completamente la descarga de alúmina a las celdas generándose así los efectos anódicos.

También puede deberse a que el tiempo de alimentación no es el adecuado debido a que no se ha ajustado el TPRA (tiempo de rotura en automático), este es el tiempo que se programa para que las celdas se alimenten automáticamente.

### 5.3.2. Grúas

Las grúas juegan un papel importante en el proceso de reducción de aluminio ya que sin ellas no sería posible la alimentación de alúmina a las celdas, debido a que ella se encarga de trasladar la alúmina a cada una de estas celdas.

Pero cabe destacar que estas grúas tienen muchos años de uso y las cuales se encuentran un poco obsoletas, es por esto que ellas presentan muchas veces fallas mecánicas y eléctricas, o en oportunidades las tolvas pueden estar obstruidas o trancadas y lo cual no permite la descarga de alúmina a las celdas. (Ver Figura 9).



**Figura 9. Tolvas de Grúas.**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

### **5.3.3 Fallas de operaciones**

Este factor también puede ocasionar afectos anódicos debido a la mala práctica operativa por parte de los operarios, ya que en varias oportunidades las celdas se encuentran en posición manual por tiempo prolongado porque olvidan colocarlas en posición automática y lo cual bloquea el TPRA (tiempo de rotura en automático), es decir señal automática de alimentación.

En ocasiones también se encuentran las tolvas de la celdas vacías debido a la falta de regado de alúmina por parte de la grúas.

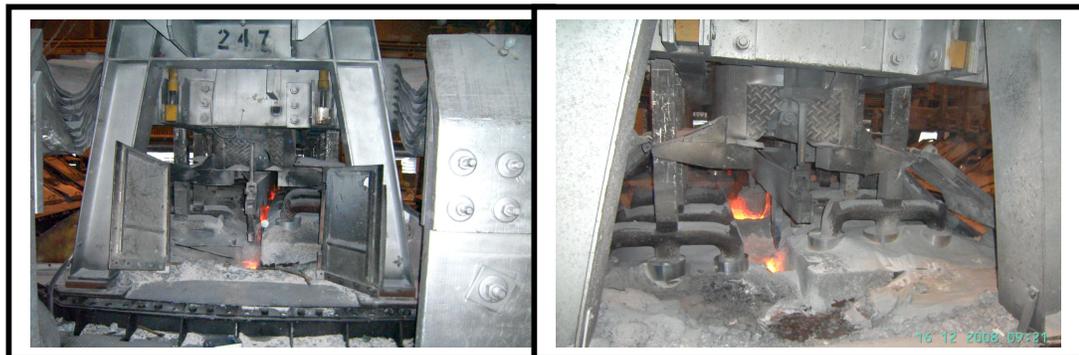
### **5.3.4 Fallas en el rompe costra**

Su función es romper la costra para alimentar la celda, pero en ocasiones presenta fallas mecánicas y eléctricas debido al desgaste en las puntas y lo cual no permite una rotura completa para una adecuada alimentación a las celdas.

Cabe destacar que las canaletas de descarga que se encuentra fijadas a los romprecostra la mayoría se encuentran obstruida y el departamento de ingeniería industrial no se ha preocupado por hacer un rediseño mecánico en cuanto a estas canaletas. (Ver Figura 10 y 11).



**Figura 10. Rompecostra**  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 11. Celdas Electrolíticas**  
Fuente: Elaboración Propia

#### **5.4. FUENTES CONTAMINANTES GENERADA POR LOS EFECTOS ANÓDICOS**

El proceso de reducción del aluminio genera compuestos gaseosos, que normalmente se desplazan fuera del baño electrolítico al disminuir la concentración de alúmina.

Actualmente en Línea III Celdas II la supresión del efecto anódico se realiza en forma manual, introduciendo una vara verde por debajo de los carbones con el propósito de sacar los gases que se encuentran debajo de los ánodos los cuales se oponen al paso de la corriente.

Cabe destacar que los gases generados son gases perfluorocarbonados: el tetraflúorometano ( $\text{CF}_4$ ) y el hexaflúoretano ( $\text{C}_2\text{F}_6$ ), que se producen durante el breve proceso conocido como efecto anódico y los cuales son considerados como gases de efecto invernadero que está siendo emitido a la atmósfera.

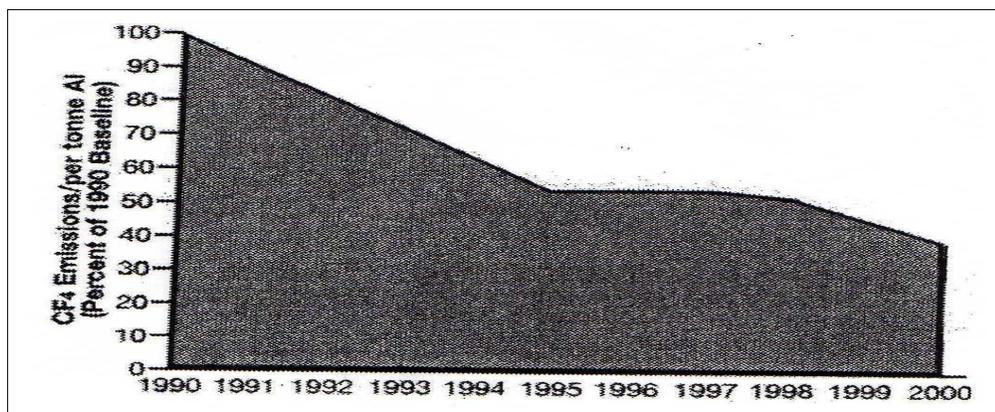
En base a lo anterior, la totalidad de las emisiones de compuestos perfluorocarbonados se debe a la producción de aluminio. En 1995, año base para los compromisos adquiridos en el Protocolo de Kioto, se produjeron 108 toneladas de  $\text{CF}_4$  y 9,5 toneladas de  $\text{C}_2\text{F}_6$ . Las emisiones desde entonces permanecen estancadas en cifras ligeramente superiores a las 100 toneladas (108,6 toneladas en 1998), equivalentes a 794.300 toneladas de  $\text{CO}_2$ . En 1998 representaron el 0,2% de las emisiones totales brutas de gases de invernadero.

Tetraflúorometano ( $\text{CF}_4$ ) es 6500 veces y el hexaflúoretano ( $\text{C}_2\text{F}_6$ ) es 9200 veces más poderoso que  $\text{CO}_2$ .

Hoy, los aspectos ambientales relacionados con emisiones de perfluorocarbonados son predominantes, la industria constantemente se esfuerza por reducir la frecuencia y la duración de EA a un mínimo, ya que el objetivo es ponerse cerca del cero. Grandes reducciones han alcanzado, pero todavía hay un camino largo de ir.

Durante 15 años la industria de aluminio ha hecho grandes esfuerzos para reducir la frecuencia y duración de los efectos anódicos. En muchos países es un acuerdo voluntario entre las agencias de protección de medio ambiente y la industria de aluminio.

A continuación se presenta una gráfica con los siguientes resultados obtenidos a partir del año 1990 hasta el año 2000. (Ver Figura 12).



**Figura 12. Gases Perfluorocarbonados**  
**Fuente: Process Metallurgy of Aluminium.**

Por lógica muchos científicos piensan que a mayor concentración de gases con efecto invernadero se producirá mayor aumento en la temperatura en la Tierra. A partir de 1979 los científicos comenzaron a afirmar que un aumento al doble en la concentración del CO<sub>2</sub> en la atmósfera supondría un calentamiento medio de la superficie de la Tierra de entre 1,5 y 4,5 °C.

Estudios más recientes sugieren que el calentamiento se produciría más rápidamente sobre tierra firme que sobre los mares. Asimismo el

calentamiento se produciría con retraso respecto al incremento en la concentración de los gases con efecto invernadero. Al principio los océanos más fríos tenderán a absorber una gran parte del calor adicional retrasando el calentamiento de la atmósfera. Sólo cuando los océanos lleguen a un nivel de equilibrio con los más altos niveles de CO<sub>2</sub> se producirá el calentamiento final.

Las consecuencias que se puede esperar del efecto invernadero para el próximo siglo, en caso de que no vuelva a valores más bajos:

- ❖ Aumento de la temperatura media del planeta.
- ❖ Aumento de sequías en unas zonas e inundaciones en otras.
- ❖ Mayor frecuencia de formación de huracanes.
- ❖ Progresivo deshielo de los casquetes polares, con la consiguiente subida de los niveles de los océanos.
- ❖ Incremento de las precipitaciones a nivel planetario pero lloverá menos días y más torrencialmente.
- ❖ Aumento de la cantidad de días calurosos, traducido en olas de calor.

## CAPITULO VI

### ANALISIS Y PRESENTACION DE LOS RESULTADOS

En CVG ALCASA específicamente en Celdas II Línea III se realizó la recolección de los reportes que contienen la información de los efectos anódicos que se producen en el proceso de reducción del aluminio. Tomándose como muestra los resultados obtenidos desde el año 2005 hasta octubre 2008.

A continuación se presentan las Gráficas de líneas a fin de estimar la frecuencia de los efectos anódicos para la cual se realizó un seguimiento al número de luces/celdas/día plasmándose los resultados en las siguientes gráficas 2, 3, 4, 5, correspondientes a los años 2005, 2006, 2007, 2008.

#### 6.1. EFECTOS ANÓDICOS AÑO 2005

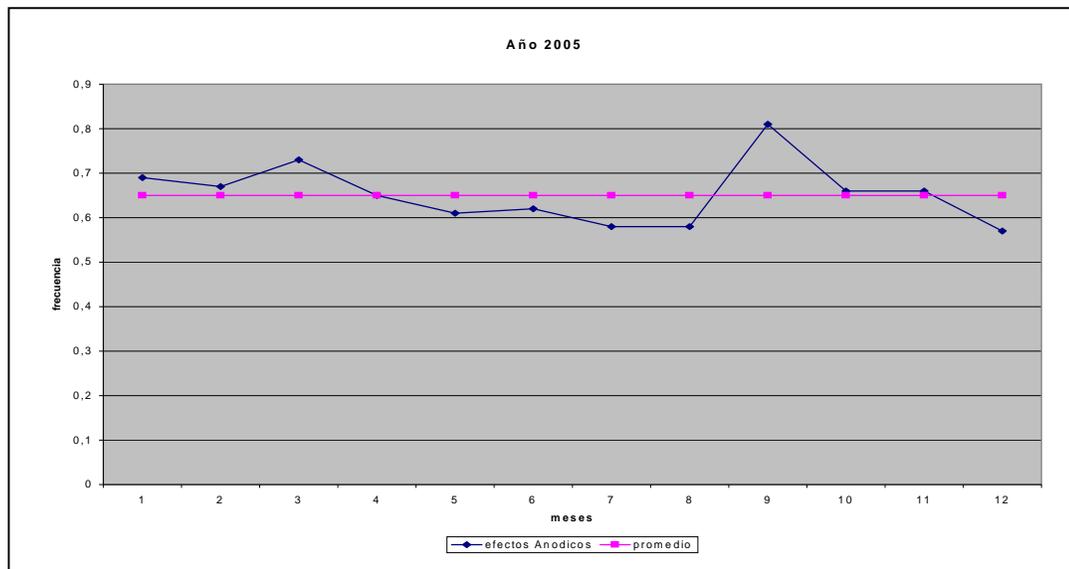
En la Tabla 1 se muestra el promedio mensual de los efectos anódicos, es decir el número de luces/celdas/día del año 2005.

**Tabla 1. Promedio de los Efectos Anódicos del Año 2005**

| Ene  | Feb  | Mar  | Abr  | May  | Jun  | Jul  | Ago  | Sep  | Oct  | Nov  | Dic  | promedio |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| 0,69 | 0,67 | 0,73 | 0,65 | 0,61 | 0,62 | 0,58 | 0,58 | 0,81 | 0,66 | 0,66 | 0,57 | 0,65     |

Fuente: Elaboración Propia

En el Figura 13 se muestra el comportamiento de los efectos anódicos durante el año 2005 indicándose su promedio.



**Figura 13. Efectos Anódicos Año 2005**

Fuente: Elaboración Propia

### Análisis de la Gráfica

En el Figura 13 se observa que para el año 2005 los efectos anódicos presentaron una frecuencia entre 0,57 y 0,81 lo cual se considera que es una

frecuencia bastante alta ya que en la práctica operativa (ver anexos) se dice que un efecto anódico debe darse cada 48 horas.

Se dice que es una frecuencia alta ya que actualmente en Celdas II Línea III la frecuencia de los efecto anódico se encuentra en 0.50 luces-celdas /día.

Se dice que es una frecuencia de 0.50 luces-celdas /día. Ya que cada efecto ocurre cada dos (2) días para 178 celdas en producción, y esta frecuencia se deduce de la siguiente manera:

$$178 \text{ celdas} \div 2 \text{ luces/celdas/días} = 89 \text{ luces / días.}$$

Luego tenemos:

$$89 \text{ luces/días} \div 178 \text{ celdas} = 0.5 \text{ luces-celdas /días.}$$

Sin embargo esta frecuencia en 0.5 luces-celdas /días se considera una frecuencia alta ya que el objetivo sería obtener cero efectos anódicos.

## 6.2. EFECTOS ANÓDICOS AÑO 2006.

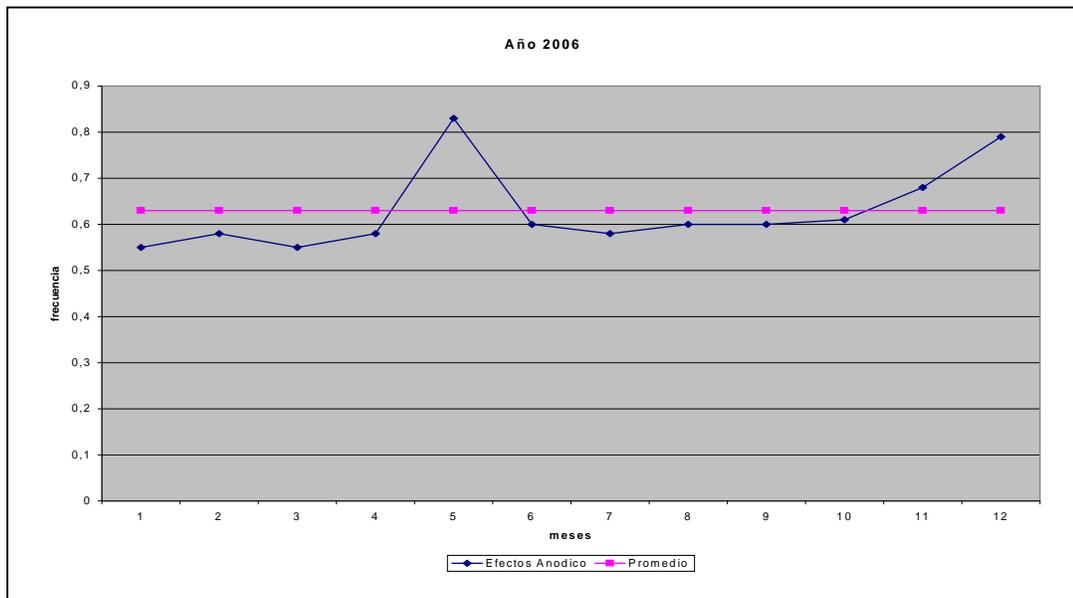
En la Tabla 2 se muestra el promedio mensual de los efectos anódicos, es decir el número de luces/celdas/día del año 2006.

**Tabla 2. Promedio de los Efectos Anódicos del Año 2006.**

| Ene  | Feb  | Mar  | Abr  | May  | Jun | Jul  | Ago | Sep | Oct  | Nov  | Dic  | promedio |
|------|------|------|------|------|-----|------|-----|-----|------|------|------|----------|
| 0,55 | 0,58 | 0,55 | 0,58 | 0,83 | 0,6 | 0,58 | 0,6 | 0,6 | 0,61 | 0,68 | 0,79 | 0,63     |

**Fuente: elaboración Propia.**

En la Figura 14 se muestra el comportamiento de los efectos anódicos durante el año 2006 indicándose su promedio.



**Figura 14. Efectos Anódicos Año 2006**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

### Análisis de la Gráfica

En la Figura 14 se puede observar que los efectos anódicos oscilaron con una frecuencia de 0,55 y 0,83 es decir casi no hubo variación con respecto al año 2005.

Como se dijo anteriormente los efectos anódicos ocurren debido a la falta de alúmina en las celdas, pero la falta de esta puede ser debido a fallas de grúas o fallas en las tolvas de descarga, ya sean mecánicas o eléctricas.

### 6.3. EFECTOS ANÓDICOS AÑO 2007

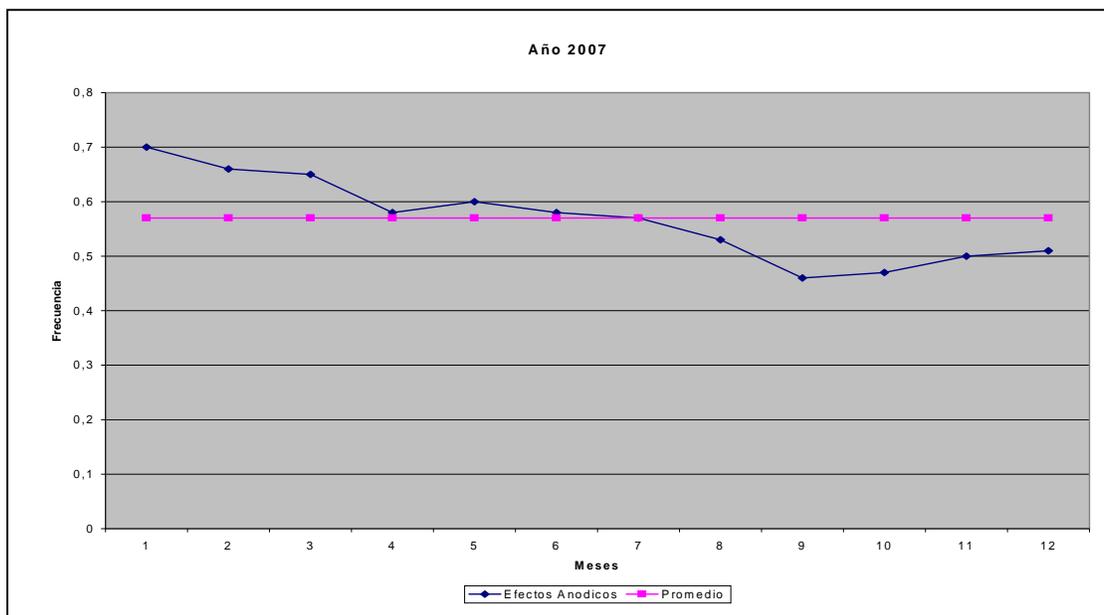
En la Tabla 3 se muestra el promedio mensual de los efectos anódicos, es decir el número de luces-celdas/día del año 2007.

**Tabla 3. Promedio de los Efectos Anódicos del Año 2007.**

| Ene | Feb  | Mar  | Abr  | May | Jun  | Jul  | Ago  | Sep  | Oct  | Nov | Dic  | Promedio |
|-----|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|----------|
| 0,7 | 0,66 | 0,65 | 0,58 | 0,6 | 0,58 | 0,57 | 0,53 | 0,46 | 0,47 | 0,5 | 0,51 | 0,57     |

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 15 se muestra el comportamiento de los efectos anódicos durante el año 2007 indicándose su promedio.



**Figura 15. Efectos Anódicos Año 2007**

Fuente: Elaboración Propia.

### Análisis de la Gráfica

En la Figura 15, se observa que para el año 2007 la frecuencia de los efectos anódicos va disminuyendo, oscilando entre 0,70 y 0,46, como se pudo ver en la grafica ya para los últimos meses la frecuencia ya casi no tiene variación con la respecto a la frecuencia anódica expuesta en la practica operativa (ver anexo 1) lo que quiere decir que hubo un mayor control de tales efectos con respecto a los años anteriores.

#### **6.4. EFECTOS ANÓDICOS AÑO 2008**

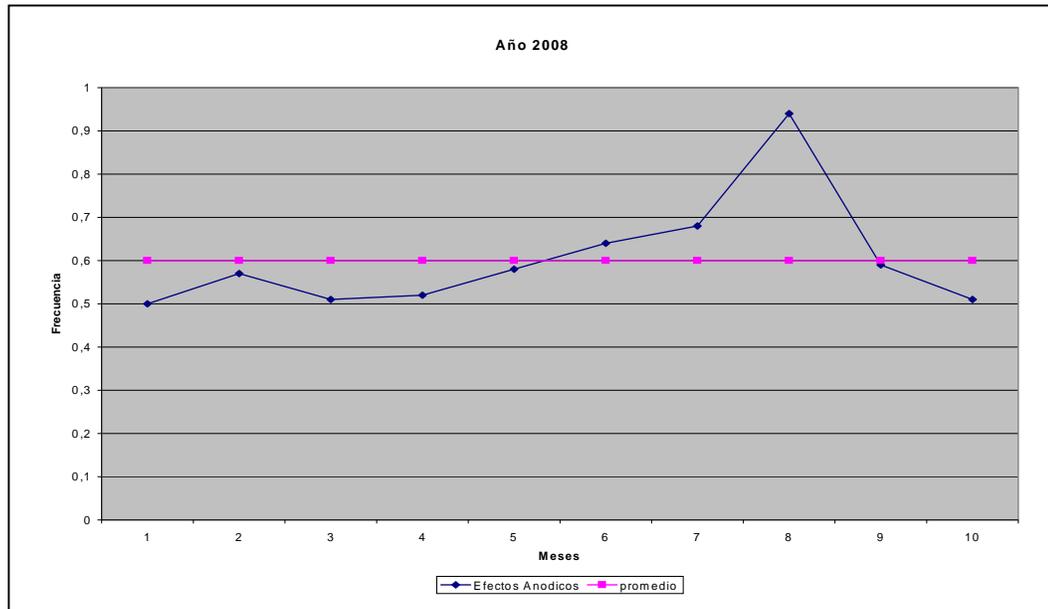
En la Tabla 4 se muestra el promedio mensual de los efectos anódicos, es decir el número de luces/celdas/día del año 2008.

**Tabla 4. Promedio de los Efectos Anódicos del Año 2008**

| Ene | Feb  | Mar | Abr | May  | Jun  | Jul  | Ago  | Sep  | Oct  | Promedio |
|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|----------|
| 0,5 | 0,57 | 0,5 | 0,5 | 0,58 | 0,64 | 0,68 | 0,94 | 0,59 | 0,51 | 0,6      |

**Fuente: Elaboración Propia.**

En la Figura 16 se muestra el comportamiento de los efectos anódicos durante el año 2008 indicándose su promedio.



**Figura 16. Efectos Anódicos Año 2008**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

### Análisis de la Gráfica

En la Figura 16, se observa que para el año 2008 la frecuencia desde el mes 1 hasta el mes 5 se mantuvo por debajo 0,6 y a partir del mes 6 al mes 8 hubo un incremento en la frecuencia de lo efectos anódicos sobrepasando el valor normal de la frecuencia anódica que es 0,5 luces- celdas/días, esto se debe a que presento un problema de grúas y el departamento de mantenimiento no contaban con los repuestos a tiempo.

Luego para el mes 9 y 10 hay un mayor control de los efectos anódicos encontrándose esto entre 0,59 y 0,51. Cabe destacar que en celdas II línea en objetivo en primera instancia es llevar los efectos anódicos a una frecuencia de 0.20 luces/celdas /días. Ya que el objetivo es no generar

dichos efectos ya que así se contribuiría a la reducción de costos, y se minimizarían las emisiones de gases de efecto invernadero.

De manera general en las graficas presentadas se pudo observar que los efectos anódicos es un problema que viene generándose desde hace muchos años, en oportunidades estos efectos han sido controlados, pero no se ha logrado reducir su frecuencia debido a la falta de una tecnología que permita la alimentación de alúmina directa a las tolvas de las celdas y así no depender de las grúas las cuales se encuentran un poco obsoletas.

Cabe destacar que al implementarse una tecnología que permita la alimentación directa las tolvas de celda se estaría alargando la vida útil de las grúas ya que estas no solo se utilizan para trasladar las alúminas hasta la celdas, también se utilizan para realizar otras operaciones aunadas al proceso de producción del aluminio como son: el trasegado del aluminio, cambio de carbones, cambio de puentes, cambio de estructuras, etc.

## **6.5. COSTOS ASOCIADOS A LA GENERACIÓN DE LOS EFECTOS ANÓDICOS**

Actualmente en Línea III Celdas II la supresión del efecto anódico se realiza en forma manual, introduciendo una vara verde por debajo de los carbones con el propósito de sacar los gases que se encuentran debajo de los ánodos los cuales se oponen al paso de la corriente.

En esta fase se realizo la valoración de los costos asociados a la generación de los efectos anódicos. (Ver Tabla 5).

**Tabla 5. Costo de Varas Verde**

| Materiales   | Cantidad (semanal) | Precio (BsF./uni) | Total al Mes(Bs) |
|--------------|--------------------|-------------------|------------------|
| Varas Verdes | 6000               | 0.93              | 22320            |

**Fuente: Departamento de Costo.**

Como se puede ver en la tabla 5, Semanalmente se adquieren 6000 varas las cuales tienen un costo por unidad de 0,93 BsF.

Entonces se tiene que:

$$6000 \text{ varas} \times 0,93 \text{ BsF.} = 5580,00 \text{ BsF. Semanales}$$

Y el costo mensual seria:

$$5580,00 \text{ Bs.} \times 4 \text{ SEM.} = 22320,00 \text{ Bs.}$$

Cabe destacar que este costo es solo para la línea III de CVG ALCASA.

### **6.5.1. Costo de Mano de Obra.**

Los efectos anódicos también generan costos de mano de obra.

Línea III se encuentra dividido en cuatro salas: sala E1, sala E2, sala F1 y sala F2 cada una de esta sala cuenta con 45 celdas para hacer un total de 180 celdas en toda la línea, para esto es necesario que cada sala cuente con un personal que se encargue de velar por la línea de celdas.

Cada sala cuenta con 6 personas para un total de 24 personas encargada de la parte operativa de la línea de celdas (Ver Tabla 6). Es importante mencionar que esta cantidad de persona es la requerida de acuerdo a un estudio realizado por el departamento de ingeniería industrial.

**Tabla 6. Costo de Mano de Obra**

| Cantidad de personal | Cantidad semanal (Hrs) | Costo de hora (Bs) | Cantidad Total al mes (Hrs) | Total al Mes(Bs) |
|----------------------|------------------------|--------------------|-----------------------------|------------------|
| 24                   | 960                    | 36                 | 3840                        | 138240           |

**Fuente: Departamento de Costo**

### **6.5.2. Costo de Materia Prima**

Para la producción del aluminio primario se necesita de ciertos electrolíticos tales como: alúmina, criolita, fluoruro de aluminio, carbonato de sodio, oxido de magnesio, carbonato de litio, fluoruro de calcio. En la tabla 7 se muestran cada uno con sus respectivos costo.

**Tabla 7. Costo de Materia Prima**

| Materia prima (electrolíticos) | Costo de Electrolíticos (Bs./Kg.) | Cantidad Total al Mes (Kg.) | Total al Mes(Bs)   |
|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Alúmina                        | 680.00                            | 8.807                       | 5.988,76           |
| Criolita                       | 4.530                             | 47.500                      | 215.175,00         |
| Fluoruro de Aluminio           | 4.580                             | 91.125                      | 417.3525           |
| Carbonato de Sodio             | 4.030                             | 0                           | 0                  |
| Oxido de Magnesio              | 1.280                             | 9.415                       | 12.051             |
| Carbonato de Litio             | 15.010                            | 4.913                       | 73.744             |
| Fluoruro de Calcio             | 1.170                             | 12.995                      | 15.204             |
| <b>Total</b>                   |                                   |                             | <b>221.682,109</b> |

Fuente: Departamento de Costo.

### 6.6. Reducción del Consumo de Energía por Disminución de Frecuencia y Duración de Efectos Anódicos.

Actualmente el efecto anódico se encuentra en una frecuencia de 0.50 luces/celdas/días, por lo que se considera q es una frecuencia alta y por lo tanto hay mayor consumo de energía y contaminación al ambiente.

Para calcular el consumo extra de energías generadas por los efectos anódicos se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo extra de energía} = [(V_{ae} - V_{ope}) * D_{ae}] * KA \quad \dots\dots\dots \text{Ecuac. (2)}$$

Donde:

$V_{ae}$ : voltaje del efecto anódico

$V_{ope}$ : voltaje de operación

$D_{ae}$ : duración del efecto anódico

KA: corriente de línea

KWH: kilovatios por horas.

En la Tabla 8 se hace una proyección de la disminución de los efectos anódicos a través de los años ya que al reducirse tales efectos también se reducen en primera instancia los costos de energía.

**Tabla 8. Proyección de Reducción de Consumo de Energía**

|                              | actual  | 2010    | 2011    | 2012    | 2013    |
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Frec. E.A                    | 0.5     | 0.30    | 0.20    | 0.15    | 0.10    |
| V <sub>ae</sub> (v)          | 35      | 35      | 35      | 35      | 35      |
| V <sub>ope</sub>             | 4.6     | 4.6     | 4.6     | 4.6     | 4.6     |
| D <sub>ae</sub> (min.)       | 6       | 4       | 4       | 3       | 3       |
| KA                           | 160     | 162     | 163     | 164     | 165     |
| Efic (%)                     | 90      | 90      | 90      | 90      | 90      |
| Celd. Oper.                  | 180     | 180     | 180     | 180     | 180     |
| TM. Produc.                  | 75000   | 75000   | 75000   | 75000   | 75000   |
| KWH/Día                      | 3164160 | 3164160 | 3164160 | 3164160 | 3164160 |
| KWH/Kg.Al                    | 15.36   | 15.36   | 15.36   | 15.36   | 15.36   |
| Cel. Produc.                 | 178     | 178     | 178     | 178     | 178     |
| KWH/C.D                      | 242.88  | 97.15   | 80.96   | 48.58   | 36.43   |
| E.A KWH/día<br>Consumo extra | 43718.4 | 17487   | 14572.8 | 8744.4  | 6557.4  |

**Fuente: Superintendencia de Celdas II Línea III.**

El consumo extra de energía se calculo utilizando la siguiente ecuación (2).

$$\text{Consumo extra de energía} = [(V_{ae} - V_{ope}) * D_{ae}] * KA$$

Sustituyendo los valores tenemos que el consumo extra de energía es:

$$\text{Consumo extra de energía} = [(35V - 4.6V) * 6] * 160$$

$$\text{Consumo extra de energía} = 43718 \text{KWH/día}$$

En la Tabla 8 se puede observar la variación del consumo extra de energía si se reducen los efectos anódicos de 0.5 luces/celdas/días a 0.1 luces/celdas/días, comparando estos resultados con ALUAR (aluminios Argentinos) que tiene una frecuencia de 0.005 E.A/CD, por lo que se puede decir que los E.A son accidentales.

Cabe destacar que esta empresa es la que presenta el efecto anódico mínimo a nivel mundial, esto debido a que opto por la instalación de un sistema de alimentación directo a las tolvas de celdas.

El consumo extra de energía se suman a los costos de la empresa ya que un KWH de energía tiene un valor unitario de 5.44 Bs.

Calculando el costo para la frecuencia anódica actual y para las proyecciones siguientes se tiene:

Para una frecuencia de **0.50 luces/celdas/días**, se tiene que el consumo extra de energía es de 43718.4 KWH/día multiplicando este valor por el precio unitario del KWH se tiene que:

$$43718.4 * 5.44 = 237828.096 \text{ Bs.}$$

En la tabla 9 se muestra el consumo extra de energía por disminución de los efectos anódicos con sus respectivos costos.

**Tabla 9. Costo del Consumo Extra de Energía**

| Frecuencia de los efectos anódicos (Luces/ Cel./ Dias) | Consumo de energía extra (KWH) | Costo total (Bs.) |
|--|--------------------------------|-------------------|
| 0,50   | 43718.4                        | 237828.096        |
| 0,30   | 17487                          | 95129.28          |
| 0,20   | 14572.8                        | 79276.032         |
| 0,15   | 8744.4                         | 47569.536         |
| 0,10   | 6557.4                         | 35672.256         |

**Fuente: Elaboración Propia**

## CAPITULO VII

### SITUACION PROPUESTA

Una vez diagnosticada la situación actual del área en estudio y de analizar los resultados de la investigación se procede a la formulación de propuestas que conllevan a la reducción de los efectos anódicos para la producción del aluminio primario de la empresa CVG. ALCASA.

A continuación se presentan las siguientes propuestas:

#### 7.1. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

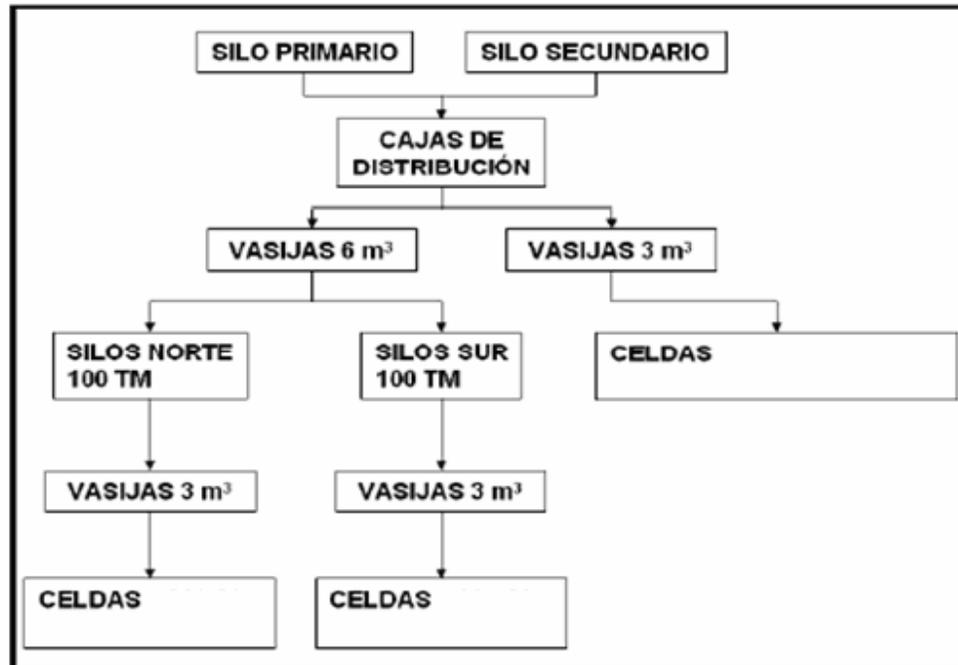
Actualmente en Línea III las celdas P20 de alimentación de alúmina semi-puntual presentan una alta dependencia al sistema de tolva de equipos ECL (grúas). Es por esto que se propone invertir en un sistema de fase densa o hiperdensa para el transporte de alúmina para cada celda. Se propone este sistema ya que es la tecnología que mas se adapta a este proceso y este ha dado excelente resultados a las empresas que lo adoptaron CVG Venalum y ALUAR (Aluminio Argentinos), lo que ayudó a disminuir la exposición de los operadores a los gases y temperaturas, así como un menor consumo de electricidad.

El sistema fase densa es un transporte neumático que tiene como objetivo el traslado de la alúmina desde los silos hasta las celdas de reducción electrolítica para contribuir con el proceso de obtención del aluminio primario, para así obtener mejoras operativas en el proceso de reducción, permitiendo una alimentación automática y

Controlada de los insumos suministrados a las celdas. Esto garantiza un 100% alúmina en las tolvas de celdas y por consiguiente reducción de E.A.

Este sistema, que necesita muy poco mantenimiento, ayuda a reducir los costos operativos y, dado que transporta la alúmina a baja velocidad, minimiza la rotura y preserva el tamaño de las partículas de alúmina que llegan a la cuba, factor que ayuda a mejorar su desempeño.

El proceso de transporte de alúmina se realiza partiendo de los silos de alúmina primaria la cual es conducida hasta las cajas de distribución. Una serie de sopladores mantiene fluidificada la alúmina en las cajas y de allí es depositada en las vasijas de 6 m<sup>3</sup> mediante unos deslizadores conocidos como toboganes. Al llenarse las vasijas éstas se presurizan y comienza el transporte por tuberías hacia los silos de 100 TM. Los silos se mantienen fluidificados con aire proveniente de unos sopladores, luego la alúmina se deposita en las vasijas de 3 m<sup>3</sup>, las cuales al estar llenas, se presurizan y comienza el transporte por tuberías hacia las celdas de reducción. (Ver Figura 17).



**Figura 17. Sistema de Fase Densa**  
Fuente: Elaboración Propia

Es importante mencionar que este sistema puede presentar fallas es por esto que se le debe diseñar un modelo de acciones para establecer un mantenimiento preventivo que permita aumentar la disponibilidad y confiabilidad del sistema. Para lograr el diseño se establece un proceso de análisis e identificación que genera una metodología orientada a obtener acciones que permitan dicho mantenimiento para el sistema de transportación de alúmina.

## **7.2. NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE PROCESO**

El nuevo sistema de control de proceso estaría diseñado para mejorar el desempeño del proceso de reducción. El sistema consiste en una red de

controles mediante microcomputadoras instaladas en cada cuba; adquisidores portátiles de datos y un sistema de computación central. Este sistema proveerá el control de las cubas e información técnica en tiempo real, que se puede integrar a los sistemas de la estación de rectificación, al sistema de la planta de ánodos, a las operaciones de la fundición y al laboratorio. Esta capacidad ayuda a maximizar la eficiencia de corriente ajustando el control de la distancia ánodo/cátodo, la química del baño y la alimentación de alúmina. También controla el voltaje de operación de las cubas buscando un óptimo y bajo consumo de energía, reduce el promedio de efectos anódicos y con ello la emisión de gases asociados, y provee informes de datos.

A través de la combinación de estos sistemas de control de procesos y transporte de alúmina, el promedio de frecuencia de efecto anódico se reduciría en un 95% y las emisiones de gases en un 80%.

### **7.3. REALIZAR BENCHMARKIN O ESTUDIOS COMPARATIVOS DE FISOLOSOFIAS DE CONTROL.**

Esto consiste en comparar a CVG ALCASA con aquellas empresas productoras de aluminio con las menores frecuencias de efectos anódicos a nivel mundial, esto con la finalidad de adaptar, mejorar, optimizar o redefinir la actualmente existente en la empresa, Siendo una referencia mundial de esto ALUAR (aluminios Argentinos) que tiene una frecuencia de 0.005 E.A/CD, lo que quiere decir que el efecto anódico es prácticamente accidental.

## **7.4. MEDIDA DE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

Como se dijo anteriormente en la producción de Aluminio primario se generan emisiones gaseosas y las cuales afectan al medio ambiente.

Cabe destacar que Celdas II es un área crítica, ya que presenta problemas con el llenado de las tolvas, grúas y con un inadecuado hermetizado de celda, lo cual ocasiona la pérdida de sólido y gases suspendido en el aire lo que afecta la calidad del ambiente de trabajo, teniendo efectos directamente en la salud del trabajador originándoles enfermedades respiratoria y visuales. Todo esto debido a la desinversión y consecuente obsolescencia tecnológica de sus aparatos productivos actuales, lo cual ha afectado significativamente sus niveles de productividad y ocasionado severos problemas ambientales y de afectación a la salud de sus trabajadores.

Para minimizar los aspectos antes mencionados se propone realizar un mejor uso de sistema FLAKT, ya que este sistema permite ejecutar el proceso productivo sin impactos adversos sobre el ambiente.

Al sistema FLAKT también se le denomina unidad de control ambiental.

### **7.4.1. Unidad de control ambiental**

Esta unidad se encarga de recoger y filtrar los gases expedidos en el proceso de reducción del aluminio. Estos gases conjuntamente pasaran al sistema FLAK, donde a través de un sistema de purificación se separan estos gases

del aire, depositando las partículas de alúminas. Esta unidad de control ambiental consta de:

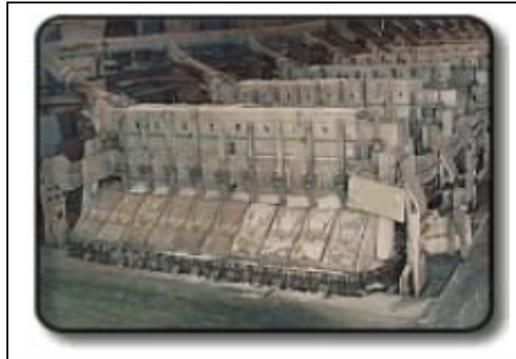
- Equipo de control mas un tablero grafico
- Un sistema de ductos de humos
- Dos ventiladores
- Dos motores
- Un sistema transportador
- Doce casas de filtros

Para que esta unidad de control cumpla a cabalidad su función es necesario cumplir con un buen hermetizado de celdas, ya que la absorción con alúmina de los gases fluorados, no solo permite controlar dichas emisiones; sino que condiciona un mejoramiento de la producción y productividad del Aluminio, al reinyectar al proceso, la alúmina enriquecida con Flúor retenida en las mangas filtrantes del sistema.



**Figura 18. Celdas Hermetizadas**

Fuente:[http://3.bp.blogspot.com/\\_kxHnP2v0P4/ABE/Fr2S7WLoRk8/s200/Imagen242.jpg](http://3.bp.blogspot.com/_kxHnP2v0P4/ABE/Fr2S7WLoRk8/s200/Imagen242.jpg)



**Figura 19. Sistema FLAKT**

Fuente: <http://www.cintal.com.ve/aluminio/proceso/celda.jpg>

### **7.4.3. Monitoreo de la calidad del aire**

A fin de verificar la eficacia de los dispositivos e instalaciones de captación y tratamiento de las emisiones gaseosas, CVG ALCASA debería operar una red de monitoreo de la calidad del aire orientada a evaluar el impacto de las emisiones de gases perfluorocarbonados. Los gabinetes de monitoreo de la calidad de aire son equipos compuestos por burbujeadores con líquido absorbente que retiene el fluoruro que pueda contener el aire, una bomba de vacío para forzar la circulación de aire y un gasómetro para determinar el volumen de aire muestreado. A través de estos resultados monitoreados de calidad del aire se indicaran si se vulneran o no los niveles de calidad ambiental aplicable.

## CONCLUSIONES

Después de haber desarrollado el estudio en Celdas II Línea III, se presentan a continuación las siguientes conclusiones:

1. Se realizó un diagnóstico donde se pudo observar que por el efecto anódico se afecta el voltaje de celda y además se generan gases perfluorocarbonados cuando la concentración de alúmina cae por debajo de cierto nivel por falta de alimentación.
2. Se utilizaron gráficos de líneas con el fin de observar el comportamiento de los efectos anódicos a través de los años, es decir, desde el año 2005 al año 2008, obteniéndose como resultado lo siguiente:
  - Para el año 2005 el efecto anódico se encontraba en una frecuencia de 0,57 y 0,81.
  - Para el año 2006 se encontraba en una frecuencia de 0,55 y 0,83
  - Para el año 2007 se encontraba en una frecuencia de 0,70 y 0,46.
  - Para el año 2008 se encontraba en una frecuencia de 0,59 y 0,51.

Estos valores de efectos anódicos se debe a que, este es generalmente producido por la falta de alimentación, problemas con la grúas ya sea por fallas mecánicas o eléctricas, fallas de operación y fallas en el rompe costra.

3. Se pudo observar la incidencia de los efectos anódicos en los costo de producción , obteniéndose los siguientes resultados:

- Una frecuencia de 0,50 Luces/ Celdas/ Días el costo extra de energía seria de 237828.096 Bs.
  - Una frecuencia de 0,30 Luces/ Celdas/ Días el costo extra de energía seria de 95129 Bs.
  - Una frecuencia de 0,20 Luces/ Celdas/ Días el costo extra de energía seria de 79276.032 Bs.
  - Una frecuencia de 0,15 Luces/ Celdas/ Días el costo extra de energía seria de 47569.536Bs.
  - Una frecuencia de 0,10 Luces/ Celdas/ Días el costo extra de energía seria de 35672.256 Bs.
4. Durante el proceso de efectos anódicos se generan gases perfluorocarbonados: el tetraflúormetano ( $CF_4$ ) y el hexaflúoretano ( $C_2F_6$ ), y los cuales son considerados como gases de efecto invernadero.
  5. Línea III no cuenta con una tecnología que permita una alimentación directa a las celdas de reducción.
  6. Línea III no cumplen con un hermetizado de celdas estricto, por lo que no permite el buen funcionamiento del sistema FLAKT.

## RECOMENDACIONES

En base al estudio realizado y una vez presentada las conclusiones del mismo, a continuación se formulan las siguientes recomendaciones:

1. Establecer un control automatizado del proceso de electrólisis a partir de bases de datos de las celdas activas y vigilancia continua de los parámetros de operación de la celda para disminuir el consumo energético y reducir el número y duración de los efectos de ánodos.
2. Mantener un mayor control de operación y mantenimiento.
3. Usar campanas que cubran las celdas completamente a fin de capturar gases para su evacuación y filtración.
4. El departamento de ingeniería industrial debe preocuparse por rediseñar el sistema mecánico de las tolvas de celdas ya que esta se encuentran deterioradas.
5. Exigir a la planta cumplir requisitos más estrictos de desempeño y registro, asociados a mejores tecnologías y técnicas disponibles.
6. Capacitar a sus empleados en el uso eficiente de los recursos disponibles y en el conocimiento de los efectos ambientales de cada una de las tareas y operaciones que ejecutan.
7. Requerir estrictamente la instalación del Sistemas de Control Ambiental

## BIBLIOGRAFÍA

**MINISTERIO DE EDUCACIÓN.** Efecto Invernadero. Venezuela. [Documento en línea]. Disponible en <http://www.tecnun.es/ASIGNATURAS/ECOLOGIA/HIPERTEXTO/10CATM1/350CaCli.htm> 2008

**MINISTERIO DE EDUCACIÓN.** Efectos Anódicos. Venezuela. [Documento en línea]. Disponible en <http://biblioteca.iapg.org.ar/iapg/ArchivosAdjuntos/Petrotecnia/20034/Producci%C3%B3n-de-aluminio.pdf> 2009

**MINISTERIO DE EDUCACIÓN.** Procesos Térmicos de la Industria Metalúrgica. Venezuela. [Documento en línea]. Disponible en [http://chm.pops.int/Portals/0/Repository/batbep\\_guideline08/UNEP-POPS-BATBEP-GUIDE-08-7.Spanish.DOC](http://chm.pops.int/Portals/0/Repository/batbep_guideline08/UNEP-POPS-BATBEP-GUIDE-08-7.Spanish.DOC). 2008

**MINISTERIO DE EDUCACIÓN.** Transporte de Alúmina en una Reductora de Aluminio. Venezuela. [Documento en línea]. Disponible en [http://www.uruman.org/4to\\_congreso\\_docs/trabajos\\_tecnicos/CastroSantos.pdf](http://www.uruman.org/4to_congreso_docs/trabajos_tecnicos/CastroSantos.pdf). 2009

**ROJAS DE NARVÁEZ, Rosa.** Orientación Práctica para la Elaboración de Informe de Investigación. Edición UNEXPO. Puerto Ordaz. Segunda Edición. 1997.

**SABINO, C.** (1980). El Proceso de Investigación. Ediciones Panapo. Caracas.

---

**TECHN, Harald.** Process Metallurgy of Aluminium. Trondheim, Norway

**VALLES, A.** Caracterización de las Celdas P-19 a 161.5 KA. Centro de investigación aplicada. CVG ALCASA.1989.

# APENDICES

## APÉNDICES 1

### TABLA DE EFECTOS ANODICOS AÑO 2005

| FECHA      | CELDA | DURPRM | VMXPRM | DLUZLAR | VLPRM | NUMLUZ | LUZLARGA |
|------------|-------|--------|--------|---------|-------|--------|----------|
| 01/01/2005 | 101   | 4:24   | 39,09  | NULL    | 27,58 | 1      | NULL     |
| 01/01/2005 | 104   | 5:41   | 31,87  | 5:41    | 18,14 | 1      | 1        |
| 01/01/2005 | 105   | 8:15   | 32,64  | 8:15    | 24,78 | 1      | 1        |
| 01/01/2005 | 108   | 4:13   | 35,91  | NULL    | 24,98 | 1      | NULL     |
| 01/01/2005 | 109   | 7:84   | 30,33  | 7:84    | 18,30 | 2      | 2        |
| 01/01/2005 | 111   | 5:41   | 51,52  | 5:41    | 37,11 | 1      | 1        |
| 01/01/2005 | 126   | 2:23   | 31,71  | NULL    | 19,29 | 1      | NULL     |
| 01/01/2005 | 129   | 3:51   | 32,68  | NULL    | 23,42 | 1      | NULL     |
| 01/01/2005 | 130   | 3:51   | 33,21  | NULL    | 23,99 | 1      | NULL     |
| 01/01/2005 | 141   | 7:20   | 26,91  | 7:20    | 14,40 | 1      | 1        |
| 01/01/2005 | 142   | 4:57   | 30,12  | NULL    | 20,38 | 1      | NULL     |
| 01/01/2005 | 145   | 3:29   | 34,47  | NULL    | 23,23 | 1      | NULL     |
| 01/01/2005 | 146   | 4:35   | 30,92  | NULL    | 20,14 | 1      | NULL     |
| 01/01/2005 | 147   | 4:57   | 35,82  | NULL    | 26,01 | 1      | NULL     |
| 01/01/2005 | 153   | 5:83   | 30,32  | 8:48    | 21,39 | 2      | 1        |
| 01/01/2005 | 160   | 13:45  | 28,64  | 13:45   | 23,51 | 1      | 1        |
| 01/01/2005 | 162   | 3:29   | 40,06  | NULL    | 27,02 | 1      | NULL     |
| 01/02/2005 | 101   | 5:52   | 31,00  | 5:52    | 21,18 | 1      | 1        |
| 01/02/2005 | 105   | 4:57   | 39,87  | NULL    | 28,49 | 1      | NULL     |
| 01/02/2005 | 106   | 5:19   | 30,13  | 5:19    | 16,86 | 1      | 1        |
| 01/02/2005 | 107   | 5:19   | 42,61  | 5:19    | 32,06 | 1      | 1        |
| 01/02/2005 | 108   | 12:06  | 24,69  | 12:06   | 17,39 | 1      | 1        |
| 01/02/2005 | 109   | 5:52   | 52,23  | 5:52    | 35,18 | 1      | 1        |
| 01/02/2005 | 111   | 5:30   | 43,44  | 5:30    | 32,41 | 1      | 1        |
| 01/02/2005 | 114   | 7:09   | 21,84  | 7:09    | 14,52 | 1      | 1        |
| 01/02/2005 | 115   | 6:25   | 31,88  | 6:25    | 24,73 | 1      | 1        |
| 01/02/2005 | 117   | 11:22  | 31,51  | 11:22   | 23,63 | 1      | 1        |
| 01/02/2005 | 118   | 7:53   | 40,85  | 7:53    | 33,11 | 1      | 1        |
| 01/02/2005 | 119   | 6:25   | 37,19  | 6:25    | 24,20 | 1      | 1        |
| 01/02/2005 | 124   | 8:26   | 22,10  | 8:26    | 13,70 | 1      | 1        |
| 01/02/2005 | 126   | 4:46   | 78,44  | NULL    | 33,86 | 1      | NULL     |
| 01/02/2005 | 128   | 7:20   | 53,18  | 7:20    | 34,51 | 1      | 1        |
| 01/02/2005 | 129   | 6:03   | 44,31  | 6:03    | 29,67 | 1      | 1        |
| 01/02/2005 | 130   | 5:19   | 40,57  | 5:19    | 26,58 | 1      | 1        |
| 01/02/2005 | 133   | 4:35   | 28,36  | NULL    | 20,84 | 1      | NULL     |
| 01/02/2005 | 134   | 15:35  | 26,37  | 15:35   | 19,21 | 1      | 1        |
| 01/02/2005 | 135   | 4:02   | 29,85  | NULL    | 14,83 | 1      | NULL     |
| 01/02/2005 | 117   | 11:22  | 31,51  | 11:22   | 23,63 | 1      | 1        |
| 01/02/2005 | 118   | 7:53   | 40,85  | 7:53    | 33,11 | 1      | 1        |

|            |     |       |       |       |       |   |      |
|------------|-----|-------|-------|-------|-------|---|------|
| 01/02/2005 | 119 | 6:25  | 37,19 | 6:25  | 24,20 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 124 | 8:26  | 22,10 | 8:26  | 13,70 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 126 | 4:46  | 78,44 | NULL  | 33,86 | 1 | NULL |
| 01/02/2005 | 128 | 7:20  | 53,18 | 7:20  | 34,51 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 129 | 6:03  | 44,31 | 6:03  | 29,67 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 130 | 5:19  | 40,57 | 5:19  | 26,58 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 133 | 4:35  | 28,36 | NULL  | 20,84 | 1 | NULL |
| 01/02/2005 | 101 | 5:52  | 31,00 | 5:52  | 21,18 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 105 | 4:57  | 39,87 | NULL  | 28,49 | 1 | NULL |
| 01/02/2005 | 106 | 5:19  | 30,13 | 5:19  | 16,86 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 107 | 5:19  | 42,61 | 5:19  | 32,06 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 108 | 12:06 | 24,69 | 12:06 | 17,39 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 109 | 5:52  | 52,23 | 5:52  | 35,18 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 111 | 5:30  | 43,44 | 5:30  | 32,41 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 114 | 7:09  | 21,84 | 7:09  | 14,52 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 115 | 6:25  | 31,88 | 6:25  | 24,73 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 117 | 11:22 | 31,51 | 11:22 | 23,63 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 118 | 7:53  | 40,85 | 7:53  | 33,11 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 119 | 6:25  | 37,19 | 6:25  | 24,20 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 124 | 8:26  | 22,10 | 8:26  | 13,70 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 126 | 4:46  | 78,44 | NULL  | 33,86 | 1 | NULL |
| 01/02/2005 | 128 | 7:20  | 53,18 | 7:20  | 34,51 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 129 | 6:03  | 44,31 | 6:03  | 29,67 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 130 | 5:19  | 40,57 | 5:19  | 26,58 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 133 | 4:35  | 28,36 | NULL  | 20,84 | 1 | NULL |
| 01/02/2005 | 134 | 15:35 | 26,37 | 15:35 | 19,21 | 1 | 1    |
| 01/02/2005 | 135 | 4:02  | 29,85 | NULL  | 14,83 | 1 | NULL |
| 01/03/2005 | 105 | 6:36  | 28,53 | 6:36  | 13,83 | 1 | 1    |
| 01/03/2005 | 106 | 5:41  | 33,68 | 5:41  | 16,96 | 1 | 1    |
| 01/03/2005 | 107 | 6:72  | 30,38 | 6:72  | 14,61 | 2 | 2    |
| 01/03/2005 | 108 | 8:37  | 37,54 | 8:37  | 28,60 | 1 | 1    |
| 01/03/2005 | 109 | 6:36  | 33,32 | 6:36  | 25,40 | 1 | 1    |
| 01/03/2005 | 112 | 4:16  | 35,21 | NULL  | 22,81 | 3 | NULL |
| 01/03/2005 | 113 | 7:20  | 35,86 | 7:20  | 26,47 | 1 | 1    |
| 01/03/2005 | 114 | 5:41  | 32,29 | 5:41  | 25,26 | 1 | 1    |
| 01/03/2005 | 117 | 4:35  | 27,35 | NULL  | 15,45 | 1 | NULL |
| 01/03/2005 | 119 | 7:42  | 36,07 | 7:42  | 29,13 | 1 | 1    |
| 01/03/2005 | 122 | 6:14  | 32,69 | 6:14  | 23,45 | 1 | 1    |
| 01/03/2005 | 123 | 3:18  | 34,60 | NULL  | 23,06 | 1 | NULL |
| 01/03/2005 | 125 | 3:51  | 34,38 | NULL  | 22,64 | 1 | NULL |
| 01/03/2005 | 128 | 4:46  | 41,96 | NULL  | 27,13 | 1 | NULL |
| 01/03/2005 | 132 | 2:45  | 39,48 | NULL  | 24,69 | 1 | NULL |
| 01/03/2005 | 133 | 6:03  | 36,45 | 6:03  | 28,03 | 1 | 1    |
| 01/03/2005 | 134 | 3:51  | 39,12 | NULL  | 26,33 | 1 | NULL |
| 01/03/2005 | 135 | 5:26  | 40,42 | 5:83  | 29,68 | 3 | 2    |
| 01/04/2005 | 104 | 1:06  | 24,97 | NULL  | 7,09  | 1 | NULL |

|            |     |      |       |      |        |   |      |
|------------|-----|------|-------|------|--------|---|------|
| 01/04/2005 | 105 | 4:46 | 41,74 | NULL | 27,48  | 1 | NULL |
| 01/04/2005 | 106 | 1:17 | 14,54 | NULL | 6,18   | 1 | NULL |
| 01/04/2005 | 107 | 4:35 | 46,51 | NULL | 30,58  | 1 | NULL |
| 01/04/2005 | 108 | 5:41 | 35,31 | 5:41 | 27,26  | 1 | 1    |
| 01/04/2005 | 109 | 8:37 | 38,89 | 8:37 | 25,06  | 1 | 1    |
| 01/04/2005 | 112 | 3:18 | 32,23 | NULL | 14,72  | 1 | NULL |
| 01/04/2005 | 114 | 3:07 | 27,45 | NULL | 18,01  | 2 | NULL |
| 01/04/2005 | 115 | 3:07 | 36,18 | NULL | 17,90  | 1 | NULL |
| 01/04/2005 | 118 | 2:56 | 29,63 | NULL | 19,39  | 1 | NULL |
| 01/04/2005 | 119 | 2:45 | 30,48 | NULL | 19,41  | 1 | NULL |
| 01/04/2005 | 120 | 5:08 | 45,29 | 5:08 | 33,05  | 1 | 1    |
| 01/04/2005 | 122 | 6:25 | 32,45 | 6:25 | 25,15  | 1 | 1    |
| 01/04/2005 | 123 | 2:56 | 27,18 | NULL | 16,32  | 1 | NULL |
| 01/04/2005 | 124 | 4:24 | 33,92 | NULL | 23,62  | 1 | NULL |
| 01/04/2005 | 125 | 4:24 | 43,56 | NULL | 29,62  | 2 | NULL |
| 01/04/2005 | 126 | 5:52 | 31,94 | 5:52 | 24,06  | 1 | 1    |
| 01/04/2005 | 132 | 7:67 | 48,05 | 7:67 | 29,51  | 2 | 2    |
| 01/04/2005 | 133 | 5:08 | 34,96 | 5:08 | 26,22  | 1 | 1    |
| 01/04/2005 | 134 | 6:36 | 44,49 | 6:36 | 31,28  | 1 | 1    |
| 01/05/2005 | 101 | 4:57 | 34,75 | NULL | 26,50  | 1 | NULL |
| 01/05/2005 | 102 | 5:46 | 33,44 | 6:36 | 24,97  | 2 | 1    |
| 01/05/2005 | 104 | 6:25 | 42,06 | 6:25 | 31,41  | 1 | 1    |
| 01/05/2005 | 106 | 5:52 | 23,5  | 5:52 | 13,10  | 1 | 1    |
| 01/05/2005 | 107 | 5:08 | 40,09 | 5:08 | 28,67  | 1 | 1    |
| 01/05/2005 | 108 | 4:24 | 34,92 | NULL | 19,40  | 1 | NULL |
| 01/05/2005 | 111 | 7:09 | 22,95 | 7:09 | 12,74  | 1 | 1    |
| 01/05/2005 | 112 | 9:54 | 36,84 | 9:54 | 32,18  | 1 | 1    |
| 01/05/2005 | 113 | 6:36 | 26,22 | 6:36 | 18,61  | 1 | 1    |
| 01/05/2005 | 116 | 4:57 | 31,76 | NULL | 17,92  | 1 | NULL |
| 01/05/2005 | 117 | 7:53 | 29,99 | 7:53 | 18,89  | 1 | 1    |
| 01/05/2005 | 118 | 7:53 | 45,72 | 7:53 | 36,70  | 1 | 1    |
| 01/05/2005 | 120 | 5:41 | 44,46 | 5:41 | 32,77  | 1 | 1    |
| 01/05/2005 | 122 | 3:40 | 38,79 | NULL | 25,20  | 1 | NULL |
| 01/05/2005 | 125 | 6:25 | 22,06 | 6:25 | 12,945 | 1 | 1    |
| 01/05/2005 | 126 | 5:41 | 38,72 | 5:41 | 29,628 | 1 | 1    |
| 01/05/2005 | 127 | 4:13 | 27,81 | 5:19 | 17,97  | 2 | 1    |
| 01/05/2005 | 133 | 3:51 | 30,95 | NULL | 22,379 | 1 | NULL |
| 01/05/2005 | 134 | 4:46 | 42,49 | NULL | 28,94  | 1 | NULL |
| 01/05/2005 | 135 | 3:40 | 31,15 | NULL | 21,132 | 1 | NULL |
| 01/06/2005 | 101 | 3:18 | 51,65 | NULL | 27,40  | 2 | NULL |
| 01/06/2005 | 102 | 5:30 | 33,48 | 5:30 | 24,87  | 1 | 1    |
| 01/06/2005 | 103 | 7:42 | 34,07 | 7:42 | 27,11  | 1 | 1    |
| 01/06/2005 | 104 | 4:24 | 33,47 | NULL | 20,27  | 1 | NULL |
| 01/06/2005 | 105 | 3:40 | 37,83 | NULL | 26,80  | 1 | NULL |
| 01/06/2005 | 107 | 4:93 | 44,54 | 5:30 | 32,48  | 2 | 1    |
| 01/06/2005 | 109 | 5:08 | 33,39 | 5:08 | 25,58  | 1 | 1    |

|            |     |       |       |       |       |   |      |
|------------|-----|-------|-------|-------|-------|---|------|
| 01/06/2005 | 111 | 5:94  | 41,60 | 8:37  | 29,23 | 2 | 1    |
| 01/06/2005 | 112 | 6:14  | 38,61 | 6:14  | 25,00 | 1 | 1    |
| 01/06/2005 | 113 | 6:25  | 34,27 | 6:25  | 25,39 | 1 | 1    |
| 01/06/2005 | 115 | 8:59  | 37,89 | 8:59  | 31,82 | 1 | 1    |
| 01/06/2005 | 116 | 7:53  | 29    | 7:53  | 22,99 | 1 | 1    |
| 01/06/2005 | 117 | 5:52  | 32,87 | 5:52  | 25,01 | 1 | 1    |
| 01/06/2005 | 118 | 6:03  | 37,63 | 6:03  | 29,13 | 1 | 1    |
| 01/06/2005 | 120 | 5:08  | 37,88 | 5:08  | 25,00 | 1 | 1    |
| 01/06/2005 | 121 | 7:42  | 31,03 | 7:42  | 25,62 | 1 | 1    |
| 01/06/2005 | 123 | 4:02  | 30,32 | NULL  | 20,71 | 1 | NULL |
| 01/06/2005 | 124 | 18:42 | 29,17 | 18:42 | 16,81 | 1 | 1    |
| 01/06/2005 | 125 | 5:08  | 35,96 | 5:08  | 21,51 | 1 | 1    |
| 01/06/2005 | 126 | 5:52  | 35,25 | 5:52  | 27,19 | 1 | 1    |
| 01/07/2005 | 102 | 5:08  | 32,72 | 5:08  | 24,55 | 1 | 1    |
| 01/07/2005 | 103 | 6:47  | 36,66 | 6:47  | 22,31 | 1 | 1    |
| 01/07/2005 | 104 | 7:09  | 42,30 | 7:09  | 34,15 | 1 | 1    |
| 01/07/2005 | 105 | 6:14  | 38,72 | 6:14  | 29,73 | 1 | 1    |
| 01/07/2005 | 108 | 7:42  | 30,42 | 7:42  | 22,59 | 1 | 1    |
| 01/07/2005 | 110 | 4:24  | 19,03 | NULL  | 12,16 | 1 | NULL |
| 01/07/2005 | 111 | 6:14  | 44,72 | 6:14  | 31,23 | 1 | 1    |
| 01/07/2005 | 115 | 7:42  | 30,72 | 7:42  | 19,45 | 1 | 1    |
| 01/07/2005 | 116 | 5:08  | 25,14 | 5:08  | 15,90 | 1 | 1    |
| 01/07/2005 | 117 | 2:56  | 39,13 | NULL  | 23,80 | 1 | NULL |
| 01/07/2005 | 119 | 6:47  | 42,39 | 6:47  | 30,94 | 1 | 1    |
| 01/07/2005 | 120 | 4:57  | 39,28 | NULL  | 29,33 | 1 | NULL |
| 01/07/2005 | 121 | 3:07  | 32,65 | NULL  | 20,17 | 1 | NULL |
| 01/07/2005 | 125 | 3:40  | 50,27 | NULL  | 34,84 | 1 | NULL |
| 01/07/2005 | 126 | 4:13  | 37,18 | NULL  | 25,53 | 1 | NULL |
| 01/07/2005 | 129 | 6:03  | 49,19 | 6:03  | 32,20 | 1 | 1    |
| 01/07/2005 | 130 | 4:24  | 34,09 | NULL  | 21,56 | 1 | NULL |
| 01/07/2005 | 132 | 4:46  | 38,76 | NULL  | 26,29 | 1 | NULL |
| 01/07/2005 | 133 | 4:13  | 42,88 | NULL  | 30,97 | 1 | NULL |
| 01/07/2005 | 134 | 3:71  | 33,98 | NULL  | 21,15 | 2 | NULL |
| 01/08/2005 | 101 | 4:24  | 28,49 | NULL  | 20,66 | 1 | NULL |
| 01/08/2005 | 102 | 9:32  | 42,86 | 9:32  | 33,94 | 1 | 1    |
| 01/08/2005 | 103 | 4:46  | 36,04 | NULL  | 22,98 | 1 | NULL |
| 01/08/2005 | 105 | 4:46  | 31,71 | NULL  | 23,21 | 1 | NULL |
| 01/08/2005 | 107 | 2:56  | 29,80 | NULL  | 17,56 | 1 | NULL |
| 01/08/2005 | 108 | 4:57  | 30,15 | NULL  | 20,93 | 1 | NULL |
| 01/08/2005 | 109 | 3:29  | 25,79 | NULL  | 13,90 | 1 | NULL |
| 01/08/2005 | 110 | 8:26  | 37,28 | 8:26  | 27,34 | 1 | 1    |
| 01/08/2005 | 111 | 3:29  | 29,06 | NULL  | 19,96 | 1 | NULL |
| 01/08/2005 | 112 | 11:33 | 27,52 | 11:33 | 13,30 | 1 | 1    |
| 01/08/2005 | 113 | 2:34  | 29,86 | NULL  | 18,48 | 1 | NULL |
| 01/08/2005 | 115 | 8:48  | 20,27 | 8:48  | 13,87 | 1 | 1    |
| 01/08/2005 | 116 | 9:43  | 21,45 | 9:43  | 13,07 | 1 | 1    |

|            |     |      |        |      |       |   |      |
|------------|-----|------|--------|------|-------|---|------|
| 01/08/2005 | 118 | 4:02 | 31,74  | NULL | 23,43 | 1 | NULL |
| 01/08/2005 | 119 | 3:51 | 27,64  | NULL | 20,10 | 1 | NULL |
| 01/08/2005 | 120 | 6:36 | 27,19  | 6:36 | 20,89 | 1 | 1    |
| 01/08/2005 | 121 | 4:24 | 50,19  | NULL | 34,96 | 1 | NULL |
| 01/08/2005 | 126 | 6:58 | 32,69  | 6:58 | 25,86 | 1 | 1    |
| 01/08/2005 | 127 | 4:57 | 35,90  | NULL | 26,54 | 1 | NULL |
| 01/08/2005 | 128 | 4:35 | 28,19  | NULL | 17,29 | 1 | NULL |
| 01/09/2005 | 102 | 5:19 | 41,92  | 5:19 | 32,43 | 1 | 1    |
| 01/09/2005 | 103 | 4:24 | 38,15  | NULL | 23,27 | 1 | NULL |
| 01/09/2005 | 105 | 6:47 | 30,61  | 6:47 | 22,33 | 1 | 1    |
| 01/09/2005 | 106 | 5:52 | 40,65  | 5:52 | 21,70 | 1 | 1    |
| 01/09/2005 | 108 | 4:13 | 24,98  | NULL | 11,25 | 1 | NULL |
| 01/09/2005 | 112 | 4:02 | 32,08  | NULL | 19,62 | 1 | NULL |
| 01/09/2005 | 114 | 6:36 | 28,89  | 6:36 | 20,39 | 1 | 1    |
| 01/09/2005 | 116 | 5:19 | 27,14  | 5:19 | 12,52 | 1 | 1    |
| 01/09/2005 | 117 | 6:03 | 31,83  | 6:03 | 16,53 | 1 | 1    |
| 01/09/2005 | 119 | 7:31 | 23,80  | 7:31 | 15,31 | 1 | 1    |
| 01/09/2005 | 122 | 5:52 | 35,53  | 5:52 | 26,47 | 1 | 1    |
| 01/09/2005 | 123 | 4:02 | 40,45  | NULL | 29,26 | 1 | NULL |
| 01/09/2005 | 125 | 3:18 | 34,97  | NULL | 16,31 | 1 | NULL |
| 01/09/2005 | 127 | 4:57 | 34,11  | NULL | 25,96 | 1 | NULL |
| 01/09/2005 | 128 | 3:29 | 38,97  | NULL | 25,61 | 1 | NULL |
| 01/09/2005 | 130 | 2:23 | 29,73  | NULL | 17,46 | 2 | NULL |
| 01/09/2005 | 131 | 7:20 | 34,71  | 7:20 | 16,08 | 1 | 1    |
| 01/09/2005 | 135 | 3:40 | 30,01  | NULL | 18,35 | 1 | NULL |
| 01/09/2005 | 137 | 3:29 | 28,5   | NULL | 19,60 | 1 | NULL |
| 01/09/2005 | 138 | 6:58 | 26,32  | 6:58 | 19,31 | 1 | 1    |
| 01/10/2005 | 102 | 1:28 | 16,24  | NULL | 7,95  | 1 | NULL |
| 01/10/2005 | 103 | 4:24 | 34,84  | NULL | 13,8  | 1 | NULL |
| 01/10/2005 | 107 | 8:26 | 48,08  | 8:26 | 28,07 | 1 | 1    |
| 01/10/2005 | 108 | 7:20 | 28,30  | 7:20 | 15,35 | 1 | 1    |
| 01/10/2005 | 111 | 4:24 | 32,43  | NULL | 22,28 | 1 | NULL |
| 01/10/2005 | 112 | 9:54 | 44,18  | 9:54 | 37,54 | 1 | 1    |
| 01/10/2005 | 115 | 6:25 | 33,43  | 6:25 | 26,30 | 1 | 1    |
| 01/10/2005 | 116 | 4:24 | 28,81  | NULL | 18,09 | 1 | NULL |
| 01/10/2005 | 119 | 7:31 | 26,25  | 7:31 | 15,07 | 1 | 1    |
| 01/10/2005 | 120 | 5:41 | 23,72  | 5:41 | 16,13 | 1 | 1    |
| 01/10/2005 | 122 | 4:77 | 26,75  | 5:19 | 16,73 | 2 | 1    |
| 01/10/2005 | 124 | 5:52 | 30,85  | 5:52 | 17,12 | 1 | 1    |
| 01/10/2005 | 127 | 5:19 | 35,44  | 5:19 | 26,29 | 1 | 1    |
| 01/10/2005 | 128 | 2:56 | 22,78  | NULL | 13,49 | 1 | NULL |
| 01/10/2005 | 131 | 5:19 | 36,86  | 5:19 | 21,18 | 1 | 1    |
| 01/10/2005 | 136 | 4:24 | 33,32  | NULL | 21,61 | 1 | NULL |
| 01/10/2005 | 138 | 4:46 | 23,091 | NULL | 11,05 | 1 | NULL |
| 01/10/2005 | 140 | 9:21 | 38,34  | 9:21 | 23,88 | 1 | 1    |
| 01/10/2005 | 141 | 6:25 | 36,96  | 6:25 | 21,87 | 1 | 1    |

|            |     |      |       |      |       |   |      |
|------------|-----|------|-------|------|-------|---|------|
| 01/10/2005 | 144 | 8:04 | 45,58 | 8:04 | 35,59 | 1 | 1    |
| 01/11/2005 | 101 | 7:53 | 24,00 | 7:53 | 9,50  | 1 | 1    |
| 01/11/2005 | 104 | 4:02 | 39,77 | NULL | 25,51 | 1 | NULL |
| 01/11/2005 | 106 | 5:52 | 37,64 | 5:52 | 22,36 | 1 | 1    |
| 01/11/2005 | 107 | 5:50 | 17,51 | NULL | 4,20  | 1 | NULL |
| 01/11/2005 | 108 | 5:19 | 42,02 | 5:19 | 31,12 | 1 | 1    |
| 01/11/2005 | 112 | 6:36 | 29,66 | 6:36 | 18,33 | 1 | 1    |
| 01/11/2005 | 124 | 4:35 | 45,72 | NULL | 33,17 | 1 | NULL |
| 01/11/2005 | 127 | 4:35 | 35,52 | NULL | 24,84 | 1 | NULL |
| 01/11/2005 | 130 | 6:03 | 31,04 | 6:03 | 24,24 | 1 | 1    |
| 01/11/2005 | 133 | 4:35 | 33,59 | 5:19 | 21,26 | 2 | 1    |
| 01/11/2005 | 136 | 5:30 | 34,50 | 5:30 | 23,77 | 1 | 1    |
| 01/11/2005 | 137 | 6:25 | 31,76 | 6:25 | 23,72 | 1 | 1    |
| 01/11/2005 | 138 | 3:40 | 27,25 | NULL | 17,88 | 1 | NULL |
| 01/11/2005 | 140 | 5:52 | 35,58 | 5:52 | 25,92 | 1 | 1    |
| 01/11/2005 | 141 | 4:35 | 30,74 | NULL | 20,11 | 1 | NULL |
| 01/11/2005 | 142 | 6:03 | 28,97 | 6:03 | 21,22 | 1 | 1    |
| 01/11/2005 | 143 | 6:03 | 26,66 | 6:03 | 12,48 | 1 | 1    |
| 01/11/2005 | 144 | 6:47 | 35,94 | 6:47 | 27,82 | 1 | 1    |
| 01/11/2005 | 152 | 8:26 | 34,41 | 8:26 | 28,20 | 1 | 1    |
| 01/11/2005 | 155 | 4:24 | 42,38 | NULL | 26,77 | 1 | NULL |
| 01/12/2005 | 104 | 8:48 | 34,76 | 8:48 | 22,44 | 1 | 1    |
| 01/12/2005 | 106 | 2:56 | 50,73 | NULL | 31,20 | 1 | NULL |
| 01/12/2005 | 108 | 3:40 | 34,70 | NULL | 23,99 | 1 | NULL |
| 01/12/2005 | 110 | 4:24 | 42,75 | NULL | 24,33 | 1 | NULL |
| 01/12/2005 | 112 | 9:32 | 32,65 | 9:32 | 26,49 | 1 | 1    |
| 01/12/2005 | 113 | 3:07 | 36,83 | NULL | 23,16 | 1 | NULL |
| 01/12/2005 | 115 | 6:47 | 39,59 | 6:47 | 17,87 | 1 | 1    |
| 01/12/2005 | 122 | 4:35 | 33,73 | NULL | 18,60 | 1 | NULL |
| 01/12/2005 | 124 | 4:13 | 37,89 | NULL | 26,09 | 1 | NULL |
| 01/12/2005 | 125 | 3:29 | 46,50 | NULL | 32,19 | 1 | NULL |
| 01/12/2005 | 131 | 4:99 | 36,71 | 5:52 | 25,49 | 2 | 1    |
| 01/12/2005 | 132 | 5:30 | 32,23 | 5:30 | 17,79 | 1 | 1    |
| 01/12/2005 | 135 | 3:18 | 39,41 | NULL | 25,29 | 1 | NULL |
| 01/12/2005 | 137 | 3:40 | 37,62 | NULL | 19,11 | 1 | NULL |
| 01/12/2005 | 138 | 6:83 | 35,08 | 6:83 | 19,81 | 2 | 2    |
| 01/12/2005 | 140 | 6:36 | 30,63 | 6:36 | 21,59 | 1 | 1    |
| 01/12/2005 | 142 | 5:52 | 27,94 | 5:52 | 15,59 | 1 | 1    |
| 01/12/2005 | 143 | 9:32 | 26,02 | 9:32 | 17,13 | 1 | 1    |
| 01/12/2005 | 144 | 5:41 | 46,58 | 5:41 | 33,07 | 1 | 1    |
| 01/12/2005 | 147 | 6:25 | 52,54 | 6:25 | 34,60 | 1 | 1    |

Fuente: Elaboración Propia

## APÉNDICES 2

### TABLA DE EFECTOS ANODICOS AÑO 2006

| FECHA      | CELDA | DURPRM | VMXPRM | DLUZLAR | VLPRM  | NUMLUZ | LUZLARGA |
|------------|-------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|
| 01/01/2006 | 102   | 6:47   | 40,11  | 6:47    | 30,924 | 1      | 1        |
| 01/01/2006 | 103   | 9:26   | 30,92  | 9:26    | 13,875 | 2      | 2        |
| 01/01/2006 | 104   | 2:97   | 26,62  | 6:47    | 11,92  | 3      | 1        |
| 01/01/2006 | 106   | 9:21   | 39,98  | 9:21    | 19,21  | 3      | 3        |
| 01/01/2006 | 109   | 4:35   | 41,54  | NULL    | 22,36  | 1      | NULL     |
| 01/01/2006 | 111   | 8:15   | 30,29  | 8:15    | 17,50  | 1      | 1        |
| 01/01/2006 | 112   | 8:59   | 37,32  | 8:59    | 31,49  | 1      | 1        |
| 01/01/2006 | 114   | 3:29   | 43,80  | NULL    | 29,90  | 1      | NULL     |
| 01/01/2006 | 115   | 3:29   | 30,41  | NULL    | 20,50  | 1      | NULL     |
| 01/01/2006 | 116   | 6:14   | 42,72  | 6:14    | 27,39  | 1      | 1        |
| 01/01/2006 | 117   | 9:54   | 86,78  | 9:54    | 27,00  | 1      | 1        |
| 01/01/2006 | 118   | 9:21   | 38,23  | 9:21    | 30,28  | 1      | 1        |
| 01/01/2006 | 119   | 5:19   | 46,68  | 5:19    | 31,93  | 1      | 1        |
| 01/01/2006 | 120   | 6:36   | 43,79  | 6:36    | 30,87  | 1      | 1        |
| 01/01/2006 | 121   | 7:20   | 34,45  | 7:20    | 15,92  | 1      | 1        |
| 01/01/2006 | 122   | 5:19   | 40,04  | 5:19    | 26,26  | 1      | 1        |
| 01/01/2006 | 124   | 10:49  | 27,48  | 10:49   | 19,01  | 1      | 1        |
| 01/01/2006 | 125   | 4:24   | 44,45  | NULL    | 27,78  | 1      | NULL     |
| 01/01/2006 | 128   | 3:76   | 32,69  | NULL    | 20,69  | 2      | NULL     |
| 01/01/2006 | 129   | 6:03   | 31,16  | 6:03    | 20,64  | 1      | 1        |
| 01/02/2006 | 101   | 5:19   | 30,77  | 5:19    | 16,76  | 1      | 1        |
| 01/02/2006 | 102   | 4:35   | 37,15  | NULL    | 27,91  | 1      | NULL     |
| 01/02/2006 | 105   | 8:59   | 25,27  | 8:59    | 10,63  | 1      | 1        |
| 01/02/2006 | 106   | 6:25   | 37,93  | 6:25    | 23,43  | 1      | 1        |
| 01/02/2006 | 108   | 8:48   | 34,16  | 8:48    | 14,94  | 1      | 1        |
| 01/02/2006 | 112   | 4:57   | 37,02  | NULL    | 28,17  | 1      | NULL     |
| 01/02/2006 | 116   | 5:41   | 38,00  | 5:41    | 26,45  | 1      | 1        |
| 01/02/2006 | 117   | 2:12   | 29,63  | NULL    | 16,95  | 1      | NULL     |
| 01/02/2006 | 118   | 9:54   | 33,78  | 9:54    | 26,33  | 1      | 1        |
| 01/02/2006 | 119   | 3:51   | 34,44  | NULL    | 24,23  | 1      | NULL     |
| 01/02/2006 | 125   | 3:40   | 32,21  | NULL    | 21,38  | 1      | NULL     |
| 01/02/2006 | 130   | 3:18   | 33,87  | NULL    | 22,19  | 1      | NULL     |
| 01/02/2006 | 133   | 5:19   | 24,70  | 5:19    | 15,61  | 1      | 1        |
| 01/02/2006 | 134   | 3:40   | 34,65  | NULL    | 24,29  | 1      | NULL     |
| 01/02/2006 | 136   | 4:24   | 38,49  | NULL    | 27,22  | 1      | NULL     |
| 01/02/2006 | 138   | 5:52   | 46,24  | 5:52    | 27,87  | 1      | 1        |
| 01/02/2006 | 140   | 2:45   | 40,19  | NULL    | 24,33  | 1      | NULL     |
| 01/02/2006 | 142   | 6:36   | 43,62  | 6:36    | 26,39  | 1      | 1        |
| 01/02/2006 | 143   | 9:32   | 42,11  | 9:32    | 31,88  | 1      | 1        |

|            |     |       |       |       |        |   |      |
|------------|-----|-------|-------|-------|--------|---|------|
| 01/02/2006 | 146 | 6:03  | 37,09 | 6:03  | 27,28  | 1 | 1    |
| 01/03/2006 | 101 | 2:34  | 39,20 | NULL  | 23,73  | 1 | NULL |
| 01/03/2006 | 103 | 3:29  | 33,82 | NULL  | 22,71  | 1 | NULL |
| 01/03/2006 | 105 | 4:35  | 33,39 | NULL  | 24,92  | 1 | NULL |
| 01/03/2006 | 107 | 5:08  | 29,53 | 5:08  | 21,469 | 1 | 1    |
| 01/03/2006 | 110 | 4:02  | 30,73 | NULL  | 19,556 | 1 | NULL |
| 01/03/2006 | 112 | 5:59  | 33,37 | 6:41  | 16,33  | 3 | 2    |
| 01/03/2006 | 114 | 5:11  | 40,51 | 5:88  | 29,41  | 3 | 2    |
| 01/03/2006 | 115 | 6:36  | 36,03 | 6:36  | 17,61  | 1 | 1    |
| 01/03/2006 | 118 | 11:33 | 26,55 | 11:33 | 20,29  | 1 | 1    |
| 01/03/2006 | 119 | 5:52  | 30,91 | 5:52  | 22,88  | 1 | 1    |
| 01/03/2006 | 121 | 8:15  | 24,49 | 8:15  | 16,54  | 1 | 1    |
| 01/03/2006 | 122 | 3:29  | 32,94 | NULL  | 19,02  | 1 | NULL |
| 01/03/2006 | 123 | 6:36  | 32,16 | 6:36  | 19,16  | 1 | 1    |
| 01/03/2006 | 131 | 3:18  | 35,74 | NULL  | 19,34  | 1 | NULL |
| 01/03/2006 | 132 | 4:46  | 30,83 | NULL  | 18,76  | 1 | NULL |
| 01/03/2006 | 133 | 8:48  | 28,05 | 8:48  | 19,53  | 1 | 1    |
| 01/03/2006 | 135 | 6:03  | 27,98 | 6:03  | 20,75  | 1 | 1    |
| 01/03/2006 | 136 | 5:19  | 41,77 | 5:19  | 23,35  | 1 | 1    |
| 01/03/2006 | 138 | 7:20  | 34,73 | 7:20  | 23,33  | 1 | 1    |
| 01/03/2006 | 141 | 3:51  | 34,31 | NULL  | 24,45  | 1 | NULL |
| 01/04/2006 | 101 | 5:52  | 26,11 | 5:52  | 15,44  | 1 | 1    |
| 01/04/2006 | 102 | 2:34  | 25,81 | NULL  | 16,80  | 1 | NULL |
| 01/04/2006 | 104 | 4:13  | 40,06 | NULL  | 23,87  | 1 | NULL |
| 01/04/2006 | 105 | 7:42  | 42,64 | 7:42  | 30,89  | 1 | 1    |
| 01/04/2006 | 106 | 3:40  | 28,31 | NULL  | 18,78  | 1 | NULL |
| 01/04/2006 | 107 | 4:13  | 36,53 | NULL  | 23,79  | 1 | NULL |
| 01/04/2006 | 109 | 6:25  | 26,56 | 6:25  | 15,67  | 1 | 1    |
| 01/04/2006 | 110 | 2:34  | 17,49 | NULL  | 10,39  | 1 | NULL |
| 01/04/2006 | 111 | 5:19  | 34,52 | 5:19  | 19,24  | 1 | 1    |
| 01/04/2006 | 116 | 5:52  | 30,07 | 5:52  | 20,53  | 1 | 1    |
| 01/04/2006 | 118 | 4:57  | 37,74 | NULL  | 23,24  | 1 | NULL |
| 01/04/2006 | 120 | 10:05 | 22,30 | 10:05 | 18,24  | 1 | 1    |
| 01/04/2006 | 122 | 10:38 | 24,96 | 10:38 | 16,59  | 1 | 1    |
| 01/04/2006 | 123 | 5:52  | 31,89 | 5:52  | 24,12  | 1 | 1    |
| 01/04/2006 | 124 | 5:41  | 25,18 | 5:41  | 13,49  | 1 | 1    |
| 01/04/2006 | 125 | 2:12  | 19,59 | NULL  | 11,88  | 1 | NULL |
| 01/04/2006 | 126 | 8:59  | 31,54 | 8:59  | 19,34  | 1 | 1    |
| 01/04/2006 | 127 | 7:20  | 26,38 | 7:20  | 18,14  | 1 | 1    |
| 01/04/2006 | 128 | 3:40  | 21,56 | NULL  | 12,74  | 1 | NULL |
| 01/04/2006 | 130 | 3:25  | 29,49 | NULL  | 17,78  | 3 | NULL |
| 01/05/2006 | 102 | 2:92  | 33,40 | 5:30  | 19,22  | 2 | 1    |
| 01/05/2006 | 103 | 4:13  | 32,95 | NULL  | 23,13  | 1 | NULL |
| 01/05/2006 | 104 | 8:59  | 27,84 | 8:59  | 14,89  | 1 | 1    |
| 01/05/2006 | 105 | 10:05 | 50,89 | 10:05 | 34,62  | 1 | 1    |
| 01/05/2006 | 107 | 5:52  | 33,79 | 5:52  | 21,92  | 1 | 1    |

|            |     |       |       |       |       |   |      |
|------------|-----|-------|-------|-------|-------|---|------|
| 01/05/2006 | 109 | 4:71  | 27,93 | 6:03  | 12,69 | 2 | 1    |
| 01/05/2006 | 110 | 2:76  | 29,71 | NULL  | 14,52 | 2 | NULL |
| 01/05/2006 | 112 | 3:99  | 33,73 | NULL  | 18,34 | 3 | NULL |
| 01/05/2006 | 114 | 4:88  | 35,68 | 5:52  | 26,13 | 2 | 1    |
| 01/05/2006 | 115 | 4:29  | 35,25 | NULL  | 25,82 | 2 | NULL |
| 01/05/2006 | 116 | 4:24  | 26,53 | NULL  | 16,99 | 1 | NULL |
| 01/05/2006 | 117 | 9:21  | 44,43 | 9:21  | 33,98 | 1 | 1    |
| 01/05/2006 | 119 | 7:53  | 32,28 | 7:53  | 22,74 | 1 | 1    |
| 01/05/2006 | 121 | 7:42  | 31,11 | 7:42  | 19,94 | 1 | 1    |
| 01/05/2006 | 122 | 5:41  | 31,99 | 5:41  | 25,19 | 1 | 1    |
| 01/05/2006 | 124 | 11:22 | 34,07 | 11:22 | 25,67 | 1 | 1    |
| 01/05/2006 | 128 | 10:27 | 29,65 | 10:27 | 24,30 | 1 | 1    |
| 01/05/2006 | 132 | 4:02  | 36,45 | NULL  | 22,93 | 1 | NULL |
| 01/05/2006 | 134 | 7:42  | 42,22 | 7:42  | 30,10 | 1 | 1    |
| 01/05/2006 | 135 | 8:26  | 34,25 | 8:26  | 22,13 | 1 | 1    |
| 01/06/2006 | 101 | 5:30  | 37,76 | 5:30  | 27,82 | 1 | 1    |
| 01/06/2006 | 104 | 4:46  | 29,11 | NULL  | 20,55 | 1 | NULL |
| 01/06/2006 | 105 | 2:56  | 32,63 | NULL  | 17,46 | 1 | NULL |
| 01/06/2006 | 107 | 5:08  | 35,56 | 5:08  | 26,01 | 1 | 1    |
| 01/06/2006 | 109 | 5:41  | 30,17 | 5:41  | 22,78 | 1 | 1    |
| 01/06/2006 | 110 | 3:07  | 22,34 | NULL  | 6,93  | 1 | NULL |
| 01/06/2006 | 115 | 5:52  | 24,61 | 5:52  | 12,36 | 1 | 1    |
| 01/06/2006 | 116 | 6:03  | 33,76 | 6:03  | 24,31 | 1 | 1    |
| 01/06/2006 | 117 | 7:31  | 39,04 | 7:31  | 28,80 | 1 | 1    |
| 01/06/2006 | 118 | 4:35  | 24,21 | NULL  | 14,41 | 1 | NULL |
| 01/06/2006 | 119 | 3:51  | 32,41 | NULL  | 18,81 | 1 | NULL |
| 01/06/2006 | 121 | 5:08  | 35,24 | 5:08  | 26,22 | 1 | 1    |
| 01/06/2006 | 129 | 4:24  | 30,73 | NULL  | 17,78 | 1 | NULL |
| 01/06/2006 | 132 | 7:20  | 36,92 | 7:20  | 29,79 | 1 | 1    |
| 01/06/2006 | 139 | 3:29  | 28,25 | NULL  | 19,28 | 1 | NULL |
| 01/06/2006 | 140 | 3:87  | 32,76 | NULL  | 21,98 | 2 | NULL |
| 01/06/2006 | 143 | 3:07  | 31,89 | NULL  | 21,19 | 1 | NULL |
| 01/06/2006 | 144 | 4:46  | 26,36 | NULL  | 19,99 | 1 | NULL |
| 01/06/2006 | 146 | 6:25  | 32,34 | 6:25  | 24,77 | 2 | 2    |
| 01/06/2006 | 147 | 6:58  | 32,11 | 6:58  | 17,76 | 1 | 1    |
| 01/07/2006 | 110 | 1:70  | 30,38 | NULL  | 11,08 | 2 | NULL |
| 01/07/2006 | 111 | 5:08  | 32,97 | 5:08  | 23,99 | 1 | 1    |
| 01/07/2006 | 112 | 9:54  | 17,67 | 9:54  | 10,40 | 1 | 1    |
| 01/07/2006 | 113 | 6:03  | 37,18 | 6:03  | 18,54 | 1 | 1    |
| 01/07/2006 | 114 | 4:24  | 30,59 | NULL  | 16,32 | 1 | NULL |
| 01/07/2006 | 117 | 6:25  | 30,19 | 6:25  | 19,73 | 1 | 1    |
| 01/07/2006 | 118 | 3:51  | 29,28 | NULL  | 15,28 | 1 | NULL |
| 01/07/2006 | 119 | 6:58  | 41,80 | 6:58  | 21,24 | 1 | 1    |
| 01/07/2006 | 120 | 4:35  | 29,66 | NULL  | 22,95 | 1 | NULL |
| 01/07/2006 | 121 | 5:41  | 30,98 | 5:41  | 14,26 | 1 | 1    |
| 01/07/2006 | 126 | 4:57  | 37,71 | NULL  | 24,61 | 1 | NULL |

|            |     |       |       |       |       |   |      |
|------------|-----|-------|-------|-------|-------|---|------|
| 01/07/2006 | 128 | 5:08  | 38,18 | 5:08  | 22,30 | 1 | 1    |
| 01/07/2006 | 129 | 2:76  | 31,87 | NULL  | 16,36 | 2 | NULL |
| 01/07/2006 | 131 | 4:13  | 36,83 | NULL  | 20,81 | 1 | NULL |
| 01/07/2006 | 132 | 6:47  | 37,51 | 6:47  | 29,97 | 1 | 1    |
| 01/07/2006 | 133 | 4:57  | 39,81 | NULL  | 29,21 | 1 | NULL |
| 01/07/2006 | 137 | 6:36  | 30,91 | 6:36  | 18,01 | 1 | 1    |
| 01/07/2006 | 138 | 4:13  | 41,98 | NULL  | 29,35 | 1 | NULL |
| 01/07/2006 | 140 | 5:30  | 36,04 | 5:30  | 23,17 | 1 | 1    |
| 01/07/2006 | 142 | 7:31  | 36,22 | 7:31  | 28,30 | 1 | 1    |
| 01/08/2006 | 102 | 3:45  | 28,65 | NULL  | 17,02 | 2 | NULL |
| 01/08/2006 | 106 | 5:19  | 34,82 | 5:19  | 24,80 | 1 | 1    |
| 01/08/2006 | 110 | 4:46  | 50,85 | NULL  | 33,65 | 1 | NULL |
| 01/08/2006 | 112 | 7:42  | 31,94 | 7:42  | 16,11 | 1 | 1    |
| 01/08/2006 | 114 | 6:03  | 44,92 | 6:03  | 33,49 | 1 | 1    |
| 01/08/2006 | 123 | 6:14  | 32,31 | 6:14  | 20,66 | 1 | 1    |
| 01/08/2006 | 127 | 5:30  | 35,62 | 5:30  | 19,18 | 1 | 1    |
| 01/08/2006 | 128 | 6:36  | 28,40 | 6:36  | 20,66 | 1 | 1    |
| 01/08/2006 | 129 | 5:19  | 40,36 | 5:19  | 29,91 | 1 | 1    |
| 01/08/2006 | 131 | 3:51  | 24,52 | NULL  | 14,91 | 1 | NULL |
| 01/08/2006 | 133 | 7:31  | 33,03 | 7:31  | 22,76 | 1 | 1    |
| 01/08/2006 | 139 | 4:66  | 30,09 | 5:19  | 15,72 | 3 | 2    |
| 01/08/2006 | 140 | 5:99  | 43,24 | 7:42  | 30,29 | 2 | 1    |
| 01/08/2006 | 142 | 6:36  | 37,37 | 6:36  | 25,91 | 1 | 1    |
| 01/08/2006 | 143 | 9:21  | 35,21 | 9:21  | 24,52 | 1 | 1    |
| 01/08/2006 | 144 | 5:19  | 30,48 | 5:19  | 23,42 | 1 | 1    |
| 01/08/2006 | 147 | 4:02  | 27,61 | NULL  | 19,57 | 1 | NULL |
| 01/08/2006 | 149 | 5:52  | 18,27 | 5:52  | 8,18  | 1 | 1    |
| 01/08/2006 | 150 | 3:18  | 28,91 | NULL  | 17,13 | 1 | NULL |
| 01/08/2006 | 152 | 4:46  | 30,88 | NULL  | 16,41 | 1 | NULL |
| 01/09/2006 | 101 | 10:16 | 34,22 | 10:16 | 21,24 | 1 | 1    |
| 01/09/2006 | 102 | 6:78  | 33,57 | 6:78  | 16,81 | 2 | 2    |
| 01/09/2006 | 103 | 1:06  | 20,74 | NULL  | 5,39  | 1 | NULL |
| 01/09/2006 | 105 | 4:02  | 26,21 | NULL  | 16,71 | 1 | NULL |
| 01/09/2006 | 106 | 9:21  | 35,46 | 9:21  | 13,99 | 1 | 1    |
| 01/09/2006 | 107 | 3:40  | 39,94 | NULL  | 27,17 | 2 | NULL |
| 01/09/2006 | 109 | 3:18  | 27,47 | NULL  | 14,02 | 1 | NULL |
| 01/09/2006 | 110 | 8:04  | 38,18 | 8:04  | 15,62 | 1 | 1    |
| 01/09/2006 | 112 | 5:24  | 27,15 | 6:14  | 15,96 | 2 | 1    |
| 01/09/2006 | 113 | 3:68  | 42,92 | 5:41  | 16,49 | 4 | 1    |
| 01/09/2006 | 116 | 11:55 | 26,89 | 11:55 | 15,22 | 1 | 1    |
| 01/09/2006 | 118 | 5:08  | 34,42 | 5:08  | 18,06 | 1 | 1    |
| 01/09/2006 | 120 | 7:09  | 26,07 | 7:09  | 14,51 | 1 | 1    |
| 01/09/2006 | 122 | 4:93  | 28,63 | 6:58  | 17,78 | 2 | 1    |
| 01/09/2006 | 123 | 4:35  | 29,95 | NULL  | 14,46 | 1 | NULL |
| 01/09/2006 | 127 | 4:57  | 35,24 | NULL  | 23,33 | 1 | NULL |
| 01/09/2006 | 129 | 6:03  | 44,85 | 6:03  | 30,44 | 1 | 1    |

|            |     |       |       |       |        |   |      |
|------------|-----|-------|-------|-------|--------|---|------|
| 01/09/2006 | 132 | 4:94  | 33,28 | 8:26  | 22,00  | 4 | 1    |
| 01/09/2006 | 133 | 3:40  | 30,63 | NULL  | 17,79  | 1 | NULL |
| 01/09/2006 | 134 | 2:56  | 25,36 | NULL  | 15,83  | 1 | NULL |
| 01/10/2006 | 101 | 14:29 | 24,98 | 14:29 | 12,85  | 1 | 1    |
| 01/10/2006 | 102 | 4:88  | 27,27 | 6:47  | 13,76  | 2 | 1    |
| 01/10/2006 | 105 | 10:16 | 28,01 | 10:16 | 17,27  | 1 | 1    |
| 01/10/2006 | 106 | 11:44 | 36,69 | 11:44 | 14,68  | 1 | 1    |
| 01/10/2006 | 108 | 7:20  | 36,47 | 7:20  | 16,04  | 1 | 1    |
| 01/10/2006 | 109 | 6:47  | 25,28 | 6:47  | 9,02   | 1 | 1    |
| 01/10/2006 | 112 | 5:08  | 31,36 | 5:08  | 13,88  | 1 | 1    |
| 01/10/2006 | 115 | 4:57  | 29,61 | NULL  | 6,63   | 1 | NULL |
| 01/10/2006 | 118 | 6:03  | 35,25 | 6:03  | 25,05  | 1 | 1    |
| 01/10/2006 | 121 | 4:02  | 23,20 | NULL  | 13,05  | 1 | NULL |
| 01/10/2006 | 125 | 9:74  | 22,51 | 9:74  | 12,11  | 2 | 2    |
| 01/10/2006 | 130 | 6:14  | 32,05 | 6:14  | 21,82  | 1 | 1    |
| 01/10/2006 | 134 | 8:48  | 33,11 | 8:48  | 13,62  | 1 | 1    |
| 01/10/2006 | 135 | 8:37  | 21,53 | 8:37  | 9,38   | 1 | 1    |
| 01/10/2006 | 137 | 7:73  | 27,80 | 7:73  | 16,77  | 4 | 4    |
| 01/10/2006 | 139 | 3:18  | 33,34 | NULL  | 16,20  | 1 | NULL |
| 01/10/2006 | 141 | 5:30  | 28,06 | 5:30  | 20,35  | 1 | 1    |
| 01/10/2006 | 144 | 3:07  | 28,19 | NULL  | 18,98  | 1 | NULL |
| 01/10/2006 | 146 | 3:40  | 44,50 | NULL  | 30,15  | 1 | NULL |
| 01/10/2006 | 147 | 4:57  | 32,08 | NULL  | 23,13  | 1 | NULL |
| 01/11/2006 | 104 | 2:34  | 18,68 | NULL  | 9,93   | 1 | NULL |
| 01/11/2006 | 106 | 2:77  | 23,21 | NULL  | 14,25  | 3 | NULL |
| 01/11/2006 | 107 | 6:40  | 19,33 | 6:40  | 12,906 | 4 | 4    |
| 01/11/2006 | 112 | 4:56  | 27,71 | 5:19  | 19,65  | 3 | 1    |
| 01/11/2006 | 114 | 3:19  | 29,62 | NULL  | 17,42  | 3 | NULL |
| 01/11/2006 | 117 | 4:35  | 32,23 | NULL  | 22,79  | 1 | NULL |
| 01/11/2006 | 118 | 3:18  | 16,64 | NULL  | 10,20  | 2 | NULL |
| 01/11/2006 | 120 | 1:28  | 21,94 | NULL  | 8,94   | 2 | NULL |
| 01/11/2006 | 122 | 6:25  | 35,56 | 6:25  | 17,85  | 1 | 1    |
| 01/11/2006 | 123 | 6:36  | 25,59 | 6:36  | 15,47  | 1 | 1    |
| 01/11/2006 | 124 | 6:58  | 24,92 | 6:58  | 12,46  | 1 | 1    |
| 01/11/2006 | 128 | 7:20  | 32,60 | 7:20  | 20,01  | 1 | 1    |
| 01/11/2006 | 129 | 8:04  | 26,09 | 8:04  | 16,93  | 1 | 1    |
| 01/11/2006 | 130 | 5:41  | 39,73 | 5:41  | 30,41  | 1 | 1    |
| 01/11/2006 | 134 | 10:38 | 33,59 | 10:38 | 24,26  | 1 | 1    |
| 01/11/2006 | 137 | 9:32  | 33,24 | 9:32  | 21,42  | 1 | 1    |
| 01/11/2006 | 138 | 4:02  | 15,69 | NULL  | 9,61   | 1 | NULL |
| 01/11/2006 | 140 | 3:29  | 32,36 | NULL  | 18,17  | 1 | NULL |
| 01/12/2006 | 103 | 6:14  | 22,27 | 6:14  | 13,51  | 2 | 2    |
| 01/12/2006 | 104 | 7:31  | 25,72 | 7:31  | 11,24  | 1 | 1    |
| 01/12/2006 | 107 | 10:96 | 34,11 | 17:47 | 25,66  | 2 | 1    |
| 01/12/2006 | 109 | 4:40  | 20,66 | 5:52  | 11,15  | 2 | 1    |
| 01/12/2006 | 110 | 11:33 | 18,43 | 11:33 | 10,26  | 1 | 1    |

|            |     |       |       |       |       |   |      |
|------------|-----|-------|-------|-------|-------|---|------|
| 01/12/2006 | 113 | 4:71  | 33,19 | 6:14  | 22,39 | 2 | 1    |
| 01/12/2006 | 115 | 7:09  | 25,98 | 7:09  | 16,83 | 1 | 1    |
| 01/12/2006 | 116 | 12:39 | 31,32 | 12:39 | 16,67 | 1 | 1    |
| 01/12/2006 | 117 | 7:09  | 25,91 | 7:09  | 16,20 | 1 | 1    |
| 01/12/2006 | 118 | 6:93  | 21,71 | 15:02 | 14,49 | 3 | 1    |
| 01/12/2006 | 120 | 4:24  | 24,16 | NULL  | 13,27 | 1 | NULL |
| 01/12/2006 | 121 | 6:25  | 13,48 | 6:25  | 10,30 | 2 | 2    |
| 01/12/2006 | 122 | 2:23  | 23,02 | NULL  | 7,62  | 3 | NULL |
| 01/12/2006 | 124 | 3:40  | 26,42 | NULL  | 14,92 | 4 | NULL |
| 01/12/2006 | 125 | 4:25  | 27,45 | NULL  | 17,71 | 3 | NULL |
| 01/12/2006 | 126 | 7:52  | 27,88 | 7:52  | 17,09 | 3 | 3    |
| 01/12/2006 | 127 | 4:77  | 17,01 | 5:08  | 10,85 | 2 | 1    |
| 01/12/2006 | 128 | 6:67  | 24,56 | 8:26  | 15,13 | 3 | 2    |
| 01/12/2006 | 129 | 5:45  | 19,94 | 8:68  | 11,75 | 3 | 2    |
| 01/12/2006 | 131 | 4:57  | 28,20 | NULL  | 21,12 | 1 | NULL |

Fuente: Elaboración Propia

### APÉNDICES 3

#### TABLA DE EFECTOS ANODICOS AÑO 2007

| FECHA      | CELDA | DURPRM | VMXPRM | DLUZLAR | VLPRM | NUMLUZ | LUZLARGA |
|------------|-------|--------|--------|---------|-------|--------|----------|
| 01/01/2007 | 0106  | 5:52   | 25,45  | 5:52    | 14,05 | 1      | 1        |
| 01/01/2007 | 0107  | 10:05  | 38,32  | 10:05   | 22,95 | 1      | 1        |
| 01/01/2007 | 109   | 6:47   | 33,32  | 6:47    | 15,30 | 1      | 1        |
| 01/01/2007 | 110   | 8:59   | 26,80  | 8:59    | 12,13 | 1      | 1        |
| 01/01/2007 | 111   | 7:20   | 27,79  | 7:20    | 16,10 | 1      | 1        |
| 01/01/2007 | 112   | 7:95   | 30,84  | 7:95    | 17,45 | 2      | 2        |
| 01/01/2007 | 114   | 6:14   | 25,76  | 6:14    | 16,86 | 1      | 1        |
| 01/01/2007 | 115   | 6:47   | 34,47  | 6:47    | 22,13 | 1      | 1        |
| 01/01/2007 | 123   | 14:07  | 25,21  | 14:07   | 19,63 | 1      | 1        |
| 01/01/2007 | 124   | 4:46   | 25,82  | NULL    | 13,99 | 1      | NULL     |
| 01/01/2007 | 125   | 6:47   | 27,79  | 6:47    | 13,32 | 1      | 1        |
| 01/01/2007 | 128   | 6:67   | 34,41  | 6:67    | 23,64 | 2      | 2        |
| 01/01/2007 | 129   | 5:19   | 33,65  | 5:19    | 14,81 | 1      | 1        |
| 01/01/2007 | 130   | 3:29   | 24,55  | NULL    | 9,72  | 1      | NULL     |
| 01/01/2007 | 132   | 8:15   | 26,32  | 8:15    | 12,22 | 1      | 1        |
| 01/01/2007 | 142   | 6:09   | 30,15  | 6:99    | 14,52 | 4      | 3        |
| 01/01/2007 | 145   | 6:47   | 34,23  | 6:47    | 24,17 | 1      | 1        |
| 01/01/2007 | 146   | 4:57   | 30,90  | NULL    | 19,35 | 1      | NULL     |
| 01/01/2007 | 149   | 9:75   | 25,42  | 9:75    | 9,16  | 3      | 3        |
| 01/02/2007 | 103   | 3:51   | 26,28  | NULL    | 12,69 | 1      | NULL     |
| 01/02/2007 | 104   | 6:25   | 45,13  | 6:25    | 33,58 | 1      | 1        |
| 01/02/2007 | 105   | 12:17  | 26,38  | 12:17   | 15,15 | 1      | 1        |
| 01/02/2007 | 110   | 6:03   | 29,25  | 6:03    | 16,23 | 1      | 1        |
| 01/02/2007 | 115   | 8:09   | 22,79  | 8:09    | 13,68 | 2      | 2        |
| 01/02/2007 | 117   | 5:08   | 21,82  | 5:08    | 13,39 | 1      | 1        |
| 01/02/2007 | 125   | 4:24   | 31,84  | NULL    | 22,82 | 1      | NULL     |
| 01/02/2007 | 128   | 5:19   | 41,16  | 5:19    | 29,55 | 1      | 1        |
| 01/02/2007 | 129   | 8:84   | 20,36  | 8:84    | 13,59 | 2      | 2        |
| 01/02/2007 | 132   | 5:30   | 37,45  | 5:30    | 29,77 | 1      | 1        |
| 01/02/2007 | 133   | 16:41  | 25,29  | 16:41   | 12,15 | 1      | 1        |
| 01/02/2007 | 134   | 7:31   | 29,12  | 7:31    | 12,27 | 1      | 1        |
| 01/02/2007 | 137   | 6:14   | 33,30  | 6:14    | 20,88 | 1      | 1        |
| 01/02/2007 | 139   | 8:26   | 27,28  | 8:26    | 14,36 | 1      | 1        |
| 01/02/2007 | 140   | 14:07  | 25,23  | 14:07   | 13,38 | 1      | 1        |
| 01/02/2007 | 147   | 7:01   | 34,25  | 8:47    | 21,06 | 5      | 4        |
| 01/02/2007 | 148   | 4:57   | 33,03  | NULL    | 24,66 | 1      | NULL     |
| 01/02/2007 | 150   | 4:24   | 39,62  | 5:19    | 27,73 | 2      | 1        |
| 01/02/2007 | 153   | 9:54   | 24,58  | 9:54    | 10,00 | 1      | 1        |
| 01/02/2007 | 156   | 6:03   | 35,92  | 6:03    | 22,78 | 1      | 1        |
| 01/03/2007 | 104   | 4:35   | 25,99  | 6:14    | 8,97  | 2      | 1        |

|            |     |       |       |       |       |   |      |
|------------|-----|-------|-------|-------|-------|---|------|
| 01/03/2007 | 106 | 3:07  | 31,30 | NULL  | 15,08 | 1 | NULL |
| 01/03/2007 | 108 | 3:51  | 29,75 | NULL  | 19,84 | 2 | NULL |
| 01/03/2007 | 109 | 2:60  | 25,69 | 6:14  | 8,69  | 7 | 1    |
| 01/03/2007 | 112 | 7:20  | 28,95 | 7:20  | 15,08 | 1 | 1    |
| 01/03/2007 | 114 | 5:08  | 34,72 | 5:08  | 25,48 | 1 | 1    |
| 01/03/2007 | 116 | 8:26  | 31,39 | 11:27 | 19,99 | 3 | 2    |
| 01/03/2007 | 117 | 6:03  | 28,54 | 6:03  | 13,93 | 1 | 1    |
| 01/03/2007 | 122 | 8:26  | 28,77 | 8:26  | 17,02 | 1 | 1    |
| 01/03/2007 | 123 | 5:83  | 31,60 | 5:83  | 21,72 | 2 | 2    |
| 01/03/2007 | 124 | 6:47  | 24,82 | 6:47  | 13,57 | 1 | 1    |
| 01/03/2007 | 125 | 5:08  | 33,52 | 5:08  | 23,91 | 1 | 1    |
| 01/03/2007 | 126 | 15:24 | 21,06 | 15:24 | 10,13 | 1 | 1    |
| 01/03/2007 | 127 | 7:12  | 24,09 | 8:68  | 10,09 | 3 | 2    |
| 01/03/2007 | 128 | 3:23  | 15,13 | NULL  | 7,66  | 2 | NULL |
| 01/03/2007 | 129 | 9:54  | 30,77 | 9:54  | 21,98 | 1 | 1    |
| 01/03/2007 | 130 | 5:30  | 32,60 | 5:30  | 23,22 | 1 | 1    |
| 01/03/2007 | 133 | 9:21  | 26,42 | 9:21  | 16,33 | 1 | 1    |
| 01/03/2007 | 134 | 6:58  | 19,15 | 6:58  | 12,03 | 1 | 1    |
| 01/03/2007 | 137 | 3:29  | 22,22 | NULL  | 10,62 | 2 | NULL |
| 01/04/2007 | 102 | 5:30  | 29,04 | 5:30  | 14,94 | 1 | 1    |
| 01/04/2007 | 107 | 7:42  | 33,25 | 7:42  | 13,71 | 1 | 1    |
| 01/04/2007 | 109 | 13:56 | 26,01 | 13:56 | 16,27 | 1 | 1    |
| 01/04/2007 | 112 | 7:20  | 36,44 | 7:20  | 18,97 | 1 | 1    |
| 01/04/2007 | 117 | 4:57  | 36,27 | NULL  | 17,98 | 1 | NULL |
| 01/04/2007 | 118 | 6:61  | 29,67 | 9:10  | 17,85 | 2 | 1    |
| 01/04/2007 | 122 | 7:20  | 33,28 | 7:20  | 24,57 | 1 | 1    |
| 01/04/2007 | 124 | 5:52  | 28,12 | 5:52  | 20,25 | 1 | 1    |
| 01/04/2007 | 131 | 8:15  | 29,99 | 8:15  | 19,63 | 1 | 1    |
| 01/04/2007 | 134 | 5:19  | 34,80 | 5:19  | 24,02 | 1 | 1    |
| 01/04/2007 | 136 | 4:46  | 35,35 | NULL  | 26,51 | 1 | NULL |
| 01/04/2007 | 137 | 14:18 | 27,72 | 14:18 | 18,56 | 1 | 1    |
| 01/04/2007 | 138 | 6:03  | 32,15 | 6:03  | 17,10 | 1 | 1    |
| 01/04/2007 | 139 | 4:35  | 32,31 | NULL  | 21,78 | 2 | NULL |
| 01/04/2007 | 144 | 3:54  | 32,56 | NULL  | 21,71 | 2 | NULL |
| 01/04/2007 | 145 | 6:47  | 40,80 | 6:47  | 27,82 | 1 | 1    |
| 01/04/2007 | 147 | 7:53  | 35,59 | 7:53  | 19,91 | 1 | 1    |
| 01/04/2007 | 148 | 5:35  | 37,38 | 5:35  | 26,60 | 2 | 2    |
| 01/04/2007 | 150 | 6:36  | 32,92 | 6:36  | 18,10 | 1 | 1    |
| 01/04/2007 | 153 | 5:13  | 37,53 | 5:13  | 24,89 | 2 | 2    |
| 01/05/2007 | 102 | 6:30  | 21,97 | 8:15  | 16,16 | 2 | 1    |
| 01/05/2007 | 103 | 7:20  | 33,13 | 7:20  | 25,24 | 1 | 1    |
| 01/05/2007 | 106 | 11:33 | 24,04 | 11:33 | 14,75 | 1 | 1    |
| 01/05/2007 | 107 | 7:86  | 22,54 | 7:86  | 13,78 | 3 | 3    |
| 01/05/2007 | 111 | 8:26  | 29,26 | 8:26  | 15,02 | 1 | 1    |
| 01/05/2007 | 115 | 4:24  | 28,96 | NULL  | 16,21 | 1 | NULL |
| 01/05/2007 | 116 | 5:30  | 32,33 | 6:36  | 20,42 | 2 | 1    |

|            |     |       |        |       |       |   |      |
|------------|-----|-------|--------|-------|-------|---|------|
| 01/05/2007 | 117 | 6:47  | 31,10  | 6:47  | 20,54 | 2 | 2    |
| 01/05/2007 | 122 | 3:29  | 28,62  | NULL  | 16,64 | 2 | NULL |
| 01/05/2007 | 125 | 8:15  | 27,29  | 8:15  | 19,36 | 1 | 1    |
| 01/05/2007 | 129 | 7:42  | 34,66  | 7:42  | 19,23 | 1 | 1    |
| 01/05/2007 | 130 | 6:03  | 35,50  | 6:03  | 28,38 | 1 | 1    |
| 01/05/2007 | 132 | 5:52  | 24,00  | 5:52  | 16,29 | 1 | 1    |
| 01/05/2007 | 136 | 6:36  | 40,29  | 6:36  | 18,26 | 1 | 1    |
| 01/05/2007 | 137 | 4:02  | 32,47  | NULL  | 24,09 | 1 | NULL |
| 01/05/2007 | 138 | 5:41  | 41,04  | 5:41  | 19,06 | 1 | 1    |
| 01/05/2007 | 139 | 13:45 | 28,08  | 13:45 | 12,64 | 1 | 1    |
| 01/05/2007 | 142 | 7:42  | 27,54  | 7:42  | 16,94 | 1 | 1    |
| 01/05/2007 | 145 | 5:83  | 33,91  | 5:83  | 22,89 | 2 | 2    |
| 01/05/2007 | 148 | 6:63  | 34,80  | 8:82  | 19,97 | 1 | 2    |
| 01/06/2007 | 103 | 7:09  | 56,69  | 7:09  | 27,74 | 1 | 1    |
| 01/06/2007 | 104 | 4:82  | 36,67  | 7:20  | 20,36 | 2 | 1    |
| 01/06/2007 | 106 | 4:40  | 37,36  | 5:41  | 24,33 | 2 | 1    |
| 01/06/2007 | 107 | 5:52  | 36,34  | 5:52  | 20,41 | 1 | 1    |
| 01/06/2007 | 111 | 3:18  | 27,95  | NULL  | 15,58 | 1 | NULL |
| 01/06/2007 | 112 | 4:24  | 36,54  | NULL  | 27,21 | 1 | NULL |
| 01/06/2007 | 115 | 6:36  | 46,45  | 6:36  | 32,57 | 1 | 1    |
| 01/06/2007 | 118 | 6:14  | 42,06  | 6:14  | 31,58 | 1 | 1    |
| 01/06/2007 | 119 | 7:31  | 38,37  | 7:31  | 30,09 | 1 | 1    |
| 01/06/2007 | 120 | 8:15  | 38,31  | 8:15  | 18,84 | 1 | 1    |
| 01/06/2007 | 124 | 11:33 | 30,02  | 11:33 | 18,28 | 1 | 1    |
| 01/06/2007 | 126 | 7:20  | 45,12  | 7:20  | 27,79 | 1 | 1    |
| 01/06/2007 | 127 | 5:08  | 46,94  | 5:08  | 29,97 | 1 | 1    |
| 01/06/2007 | 130 | 6:36  | 37,18  | 6:36  | 23,65 | 1 | 1    |
| 01/06/2007 | 133 | 7:42  | 34,99  | 7:42  | 23,45 | 1 | 1    |
| 01/06/2007 | 134 | 3:29  | 38,05  | NULL  | 20,50 | 1 | NULL |
| 01/06/2007 | 136 | 2:23  | 52,69  | NULL  | 24,14 | 1 | NULL |
| 01/06/2007 | 137 | 7:42  | 31,25  | 7:42  | 21,69 | 2 | 2    |
| 01/06/2007 | 141 | 8:73  | 32,01  | 8:73  | 16,69 | 2 | 2    |
| 01/06/2007 | 144 | 7:31  | 24,05  | 10:16 | 15,71 | 2 | 1    |
| 01/07/2007 | 103 | 4:35  | 43,31  | NULL  | 27,64 | 1 | NULL |
| 01/07/2007 | 106 | 5:08  | 29,90  | 5:08  | 23,15 | 1 | 1    |
| 01/07/2007 | 110 | 6:47  | 30,75  | 6:47  | 22,38 | 2 | 2    |
| 01/07/2007 | 115 | 4:13  | 33,04  | NULL  | 23,99 | 1 | NULL |
| 01/07/2007 | 118 | 8:31  | 25,61  | 8:31  | 14,84 | 2 | 2    |
| 01/07/2007 | 119 | 4:13  | 27,834 | NULL  | 19,37 | 1 | NULL |
| 01/07/2007 | 120 | 4:02  | 35,88  | NULL  | 25,19 | 1 | NULL |
| 01/07/2007 | 121 | 4:46  | 35,52  | NULL  | 26,35 | 1 | NULL |
| 01/07/2007 | 122 | 6:03  | 27,92  | 6:03  | 20,47 | 1 | 1    |
| 01/07/2007 | 123 | 6:58  | 30,36  | 6:58  | 20,11 | 1 | 1    |
| 01/07/2007 | 124 | 5:30  | 34,16  | 5:30  | 25,19 | 1 | 1    |
| 01/07/2007 | 125 | 5:52  | 29,19  | 5:52  | 21,28 | 1 | 1    |
| 01/07/2007 | 128 | 6:14  | 52,89  | 6:14  | 40,10 | 1 | 1    |

|            |     |       |       |       |       |   |      |
|------------|-----|-------|-------|-------|-------|---|------|
| 01/07/2007 | 131 | 7:42  | 31,83 | 7:42  | 20,21 | 1 | 1    |
| 01/07/2007 | 133 | 5:46  | 33,45 | 5:46  | 20,35 | 2 | 2    |
| 01/07/2007 | 135 | 6:03  | 52,16 | 6:03  | 39,15 | 1 | 1    |
| 01/07/2007 | 137 | 6:03  | 35,85 | 6:03  | 24,45 | 1 | 1    |
| 01/07/2007 | 138 | 10:27 | 25,63 | 10:27 | 14,28 | 1 | 1    |
| 01/07/2007 | 139 | 9:32  | 26,72 | 9:32  | 19,16 | 1 | 1    |
| 01/07/2007 | 141 | 3:29  | 26,75 | NULL  | 18,40 | 1 | NULL |
| 01/08/2007 | 103 | 3:18  | 41,86 | NULL  | 27,58 | 1 | NULL |
| 01/08/2007 | 104 | 5:23  | 32,42 | 6:12  | 23,64 | 2 | 1    |
| 01/08/2007 | 107 | 8:15  | 25,15 | 8:15  | 12,43 | 1 | 1    |
| 01/08/2007 | 108 | 8:15  | 40,07 | 8:15  | 18,99 | 1 | 1    |
| 01/08/2007 | 109 | 5:08  | 32,68 | 5:08  | 20,25 | 1 | 1    |
| 01/08/2007 | 112 | 8:04  | 23,87 | 8:04  | 13,42 | 1 | 1    |
| 01/08/2007 | 113 | 6:03  | 33,18 | 6:03  | 19,37 | 1 | 1    |
| 01/08/2007 | 116 | 4:46  | 27,81 | NULL  | 15,26 | 1 | NULL |
| 01/08/2007 | 121 | 6:58  | 24,63 | 8:59  | 12,42 | 2 | 1    |
| 01/08/2007 | 125 | 4:13  | 33,26 | NULL  | 21,07 | 1 | NULL |
| 01/08/2007 | 127 | 6:47  | 31,99 | 6:47  | 14,80 | 1 | 1    |
| 01/08/2007 | 128 | 5:52  | 27,80 | 5:52  | 20,38 | 2 | 2    |
| 01/08/2007 | 129 | 3:29  | 42,38 | NULL  | 21,03 | 1 | NULL |
| 01/08/2007 | 130 | 7:42  | 32,27 | 7:42  | 26,19 | 1 | 1    |
| 01/08/2007 | 133 | 5:35  | 28,00 | 5:35  | 18,32 | 2 | 2    |
| 01/08/2007 | 137 | 7:09  | 46,62 | 7:09  | 18,02 | 1 | 1    |
| 01/08/2007 | 139 | 5:41  | 36,93 | 5:41  | 24,94 | 1 | 1    |
| 01/08/2007 | 141 | 5:41  | 36,75 | 5:41  | 28,00 | 1 | 1    |
| 01/08/2007 | 145 | 6:75  | 38,44 | 7:78  | 29,20 | 3 | 2    |
| 01/08/2007 | 147 | 7:89  | 32,22 | 7:89  | 19,03 | 2 | 2    |
| 01/09/2007 | 103 | 4:02  | 33,35 | NULL  | 23,81 | 1 | NULL |
| 01/09/2007 | 108 | 4:24  | 34,16 | NULL  | 10,90 | 1 | NULL |
| 01/09/2007 | 109 | 4:35  | 36,45 | NULL  | 21,42 | 1 | NULL |
| 01/09/2007 | 110 | 4:13  | 41,93 | NULL  | 29,43 | 1 | NULL |
| 01/09/2007 | 112 | 4:02  | 31,28 | NULL  | 20,20 | 1 | NULL |
| 01/09/2007 | 115 | 6:14  | 37,93 | 6:14  | 15,32 | 1 | 1    |
| 01/09/2007 | 117 | 4:13  | 34,38 | NULL  | 24,36 | 1 | NULL |
| 01/09/2007 | 118 | 4:35  | 30,54 | NULL  | 12,90 | 1 | NULL |
| 01/09/2007 | 120 | 4:02  | 45,02 | NULL  | 21,91 | 1 | NULL |
| 01/09/2007 | 123 | 11:22 | 36,31 | 11:22 | 16,50 | 1 | 1    |
| 01/09/2007 | 125 | 5:52  | 38,13 | 5:52  | 26,69 | 1 | 1    |
| 01/09/2007 | 126 | 8:48  | 34,91 | 8:48  | 18,93 | 1 | 1    |
| 01/09/2007 | 129 | 5:19  | 40,39 | 5:19  | 30,06 | 1 | 1    |
| 01/09/2007 | 130 | 3:40  | 36,41 | NULL  | 24,99 | 1 | NULL |
| 01/09/2007 | 131 | 4:13  | 37,59 | NULL  | 20,35 | 1 | NULL |
| 01/09/2007 | 132 | 7:18  | 41,42 | 7:18  | 30,15 | 3 | 3    |
| 01/09/2007 | 133 | 9:54  | 31,91 | 9:54  | 18,44 | 1 | 1    |
| 01/09/2007 | 136 | 8:26  | 89,82 | 8:26  | 55,27 | 1 | 1    |
| 01/09/2007 | 139 | 5:41  | 33,70 | 5:41  | 15,98 | 1 | 1    |

|            |     |       |        |       |       |   |      |
|------------|-----|-------|--------|-------|-------|---|------|
| 01/09/2007 | 140 | 2:34  | 33,79  | NULL  | 16,35 | 1 | NULL |
| 01/10/2007 | 103 | 4:71  | 39,79  | 5:08  | 24,69 | 2 | 1    |
| 01/10/2007 | 107 | 8:04  | 100,20 | 8:04  | 32,92 | 1 | 1    |
| 01/10/2007 | 108 | 3:51  | 33,30  | NULL  | 11,57 | 1 | NULL |
| 01/10/2007 | 112 | 2:56  | 25,19  | NULL  | 10,63 | 1 | NULL |
| 01/10/2007 | 114 | 7:20  | 37,00  | 7:20  | 22,18 | 1 | 1    |
| 01/10/2007 | 117 | 3:54  | 39,37  | NULL  | 19,00 | 2 | NULL |
| 01/10/2007 | 120 | 4:02  | 30,70  | NULL  | 19,22 | 1 | NULL |
| 01/10/2007 | 123 | 3:29  | 31,93  | NULL  | 22,06 | 1 | NULL |
| 01/10/2007 | 124 | 3:87  | 29,39  | NULL  | 12,02 | 2 | NULL |
| 01/10/2007 | 126 | 5:30  | 27,10  | 5:30  | 19,05 | 1 | 1    |
| 01/10/2007 | 128 | 5:41  | 34,12  | 5:41  | 23,16 | 1 | 1    |
| 01/10/2007 | 129 | 2:56  | 40,65  | NULL  | 19,14 | 1 | NULL |
| 01/10/2007 | 130 | 3:29  | 38,46  | NULL  | 21,63 | 2 | NULL |
| 01/10/2007 | 137 | 4:24  | 40,17  | NULL  | 23,01 | 1 | NULL |
| 01/10/2007 | 138 | 4:02  | 51,98  | NULL  | 30,29 | 1 | NULL |
| 01/10/2007 | 140 | 3:40  | 37,52  | NULL  | 25,33 | 1 | NULL |
| 01/10/2007 | 146 | 4:99  | 38,63  | 5:41  | 18,22 | 2 | 1    |
| 01/10/2007 | 147 | 4:35  | 42,70  | NULL  | 30,21 | 1 | NULL |
| 01/10/2007 | 148 | 7:31  | 43,18  | 7:31  | 34,39 | 1 | 1    |
| 01/10/2007 | 151 | 6:14  | 42,32  | 6:14  | 31,79 | 1 | 1    |
| 01/11/2007 | 102 | 4:24  | 33,05  | NULL  | 23,33 | 1 | NULL |
| 01/11/2007 | 108 | 3:40  | 34,52  | NULL  | 12,55 | 1 | NULL |
| 01/11/2007 | 111 | 5:08  | 38,78  | 5:08  | 18,33 | 1 | 1    |
| 01/11/2007 | 112 | 3:18  | 26,67  | NULL  | 15,15 | 1 | NULL |
| 01/11/2007 | 117 | 2:23  | 29,12  | NULL  | 12,09 | 1 | NULL |
| 01/11/2007 | 123 | 4:35  | 29,08  | NULL  | 13,79 | 1 | NULL |
| 01/11/2007 | 126 | 9:43  | 48,95  | 9:43  | 34,84 | 1 | 1    |
| 01/11/2007 | 132 | 11:22 | 31,02  | 11:22 | 15,62 | 1 | 1    |
| 01/11/2007 | 136 | 6:25  | 32,34  | 6:25  | 24,27 | 1 | 1    |
| 01/11/2007 | 139 | 4:30  | 27,16  | 5:88  | 12,82 | 5 | 2    |
| 01/11/2007 | 140 | 3:54  | 32,07  | 5:08  | 12,59 | 2 | 1    |
| 01/11/2007 | 141 | 6:25  | 32,68  | 6:25  | 17,39 | 1 | 1    |
| 01/11/2007 | 143 | 8:37  | 37,76  | 8:37  | 19,16 | 1 | 1    |
| 01/11/2007 | 145 | 4:24  | 44,61  | NULL  | 30,78 | 1 | NULL |
| 01/11/2007 | 147 | 4:24  | 33,68  | NULL  | 22,24 | 1 | NULL |
| 01/11/2007 | 153 | 6:03  | 40,70  | 6:03  | 23,78 | 1 | 1    |
| 01/11/2007 | 155 | 4:35  | 38,02  | NULL  | 24,77 | 1 | NULL |
| 01/11/2007 | 156 | 4:35  | 31,78  | NULL  | 21,04 | 1 | NULL |
| 01/11/2007 | 160 | 6:47  | 32,94  | 6:47  | 19,62 | 1 | 1    |
| 01/11/2007 | 167 | 5:08  | 35,99  | 5:08  | 26,49 | 1 | 1    |
| 01/11/2007 | 169 | 4:02  | 28,42  | NULL  | 12,20 | 1 | NULL |
| 01/11/2007 | 171 | 10:49 | 32,51  | 10:49 | 18,66 | 1 | 1    |
| 01/12/2007 | 102 | 6:36  | 34,16  | 6:36  | 20,18 | 1 | 1    |
| 01/12/2007 | 103 | 7:42  | 37,77  | 7:42  | 22,82 | 1 | 1    |
| 01/12/2007 | 106 | 7:20  | 33,32  | 7:20  | 21,43 | 1 | 1    |

|            |     |       |       |       |       |   |      |
|------------|-----|-------|-------|-------|-------|---|------|
| 01/12/2007 | 108 | 8:04  | 45,07 | 8:04  | 34,01 | 1 | 1    |
| 01/12/2007 | 111 | 8:37  | 43,67 | 8:37  | 19,40 | 1 | 1    |
| 01/12/2007 | 112 | 7:31  | 46,44 | 7:31  | 22,64 | 1 | 1    |
| 01/12/2007 | 114 | 5:08  | 45,38 | 5:08  | 34,06 | 1 | 1    |
| 01/12/2007 | 116 | 6:36  | 37,06 | 6:36  | 26,41 | 1 | 1    |
| 01/12/2007 | 117 | 7:23  | 37,63 | 7:23  | 19,84 | 3 | 3    |
| 01/12/2007 | 127 | 13:12 | 48,70 | 13:12 | 38,93 | 1 | 1    |
| 01/12/2007 | 129 | 44:6  | 21,43 | NULL  | 13,39 | 1 | NULL |
| 01/12/2007 | 130 | 7:09  | 40,91 | 7:09  | 31,70 | 1 | 1    |
| 01/12/2007 | 132 | 4:24  | 42,16 | NULL  | 29,71 | 1 | NULL |
| 01/12/2007 | 135 | 6:83  | 27,29 | 9:43  | 16,61 | 2 | 1    |
| 01/12/2007 | 136 | 5:30  | 34,16 | 5:30  | 22,85 | 1 | 1    |
| 01/12/2007 | 138 | 2:45  | 46,71 | NULL  | 28,34 | 1 | NULL |
| 01/12/2007 | 139 | 6:14  | 34,95 | 6:14  | 26,82 | 1 | 1    |
| 01/12/2007 | 140 | 8:37  | 38,24 | 8:37  | 24,09 | 2 | 1    |
| 01/12/2007 | 144 | 4:13  | 27,70 | NULL  | 14,91 | 1 | NULL |
| 01/12/2007 | 145 | 6:47  | 37,38 | 6:47  | 28,69 | 1 | 1    |

Fuente: Elaboración Propia

## APÉNDICES 4

### TABLA DE EFECTOS ANODICOS AÑO 2008.

| FECHA      | CELDA | DURPRM | VMXPRM | DLUZLAR | VLPRM  | NUMLUZ | LUZLARGA |
|------------|-------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|
| 01/01/2008 | 102   | 6:25   | 40,15  | 6:47    | 30,924 | 1      | 1        |
| 01/01/2008 | 103   | 6:58   | 31,05  | 9:26    | 11,57  | 1      | NULL     |
| 01/01/2008 | 104   | 2:97   | 26,62  | 6:47    | 11,92  | 2      | 1        |
| 01/01/2008 | 107   | 5:08   | 40,95  | 9:21    | 20,12  | 3      | 3        |
| 01/01/2008 | 109   | 8:26   | 41,54  | NULL    | 13,70  | 1      | NULL     |
| 01/01/2008 | 111   | 11:55  | 30,29  | 8:15    | 23,63  | 1      | 1        |
| 01/01/2008 | 112   | 8:26   | 37,32  | 8:59    | 15,86  | 1      | 1        |
| 01/01/2008 | 114   | 5:30   | 43,80  | NULL    | 32,41  | 1      | NULL     |
| 01/01/2008 | 115   | 6:47   | 30,41  | NULL    | 24,73  | 1      | NULL     |
| 01/01/2008 | 116   | 7:20   | 42,72  | 6:14    | 14,40  | 1      | 1        |
| 01/01/2008 | 117   | 9:54   | 86,78  | 9:54    | 27,00  | 1      | 1        |
| 01/01/2008 | 118   | 15:46  | 38,23  | 9:21    | 19,21  | 1      | 1        |
| 01/01/2008 | 119   | 9:10   | 46,68  | 5:19    | 31,82  | 1      | 1        |
| 01/01/2008 | 120   | 6:14   | 43,79  | 6:36    | 29,73  | 1      | 1        |
| 01/01/2008 | 121   | 7:20   | 34,45  | 7:20    | 15,92  | 1      | 1        |
| 01/01/2008 | 122   | 5:19   | 40,04  | 5:19    | 26,26  | 1      | 1        |
| 01/01/2008 | 124   | 10:49  | 27,48  | 10:49   | 19,01  | 1      | 1        |
| 01/01/2008 | 125   | 4:24   | 44,45  | NULL    | 27,78  | 1      | NULL     |
| 01/02/2008 | 101   | 5:19   | 30,77  | 5:19    | 16,76  | 1      | 1        |
| 01/02/2008 | 102   | 4:35   | 37,15  | NULL    | 27,91  | 1      | NULL     |
| 01/02/2008 | 105   | 8:59   | 25,27  | 8:59    | 10,63  | 1      | 1        |
| 01/02/2008 | 106   | 6:25   | 37,93  | 6:25    | 23,43  | 1      | 1        |
| 01/02/2008 | 108   | 8:48   | 34,16  | 8:48    | 14,94  | 1      | 1        |
| 01/02/2008 | 112   | 4:57   | 37,02  | NULL    | 28,17  | 1      | NULL     |
| 01/02/2008 | 116   | 5:41   | 38,00  | 5:41    | 26,45  | 1      | 1        |
| 01/02/2008 | 117   | 2:12   | 29,63  | NULL    | 16,95  | 1      | NULL     |
| 01/02/2008 | 118   | 9:54   | 33,78  | 9:54    | 26,33  | 1      | 1        |
| 01/02/2008 | 119   | 3:51   | 34,44  | NULL    | 24,23  | 1      | NULL     |
| 01/02/2008 | 125   | 3:40   | 32,21  | NULL    | 21,38  | 1      | NULL     |
| 01/02/2008 | 130   | 3:18   | 33,87  | NULL    | 22,19  | 1      | NULL     |
| 01/02/2008 | 133   | 5:19   | 24,70  | 5:19    | 15,61  | 1      | 1        |
| 01/02/2008 | 134   | 3:40   | 34,65  | NULL    | 24,29  | 1      | NULL     |
| 01/02/2008 | 136   | 4:24   | 38,49  | NULL    | 27,22  | 1      | NULL     |
| 01/02/2008 | 138   | 5:52   | 46,24  | 5:52    | 27,87  | 1      | 1        |
| 01/02/2008 | 140   | 2:45   | 40,19  | NULL    | 24,33  | 1      | NULL     |
| 01/03/2008 | 101   | 2:34   | 39,20  | NULL    | 23,73  | 1      | NULL     |
| 01/03/2008 | 103   | 3:29   | 33,82  | NULL    | 22,71  | 1      | NULL     |
| 01/03/2008 | 105   | 4:35   | 33,39  | NULL    | 24,92  | 1      | NULL     |
| 01/03/2008 | 107   | 5:08   | 29,53  | 5:08    | 21,469 | 1      | 1        |

|            |     |       |       |       |        |   |      |
|------------|-----|-------|-------|-------|--------|---|------|
| 01/03/2008 | 110 | 4:02  | 30,73 | NULL  | 19,556 | 1 | NULL |
| 01/03/2008 | 112 | 5:59  | 33,37 | 6:41  | 16,33  | 3 | 2    |
| 01/03/2008 | 114 | 5:11  | 40,51 | 5:88  | 29,41  | 3 | 2    |
| 01/03/2008 | 115 | 6:36  | 36,03 | 6:36  | 17,61  | 1 | 1    |
| 01/03/2008 | 118 | 11:33 | 26,55 | 11:33 | 20,29  | 1 | 1    |
| 01/03/2008 | 119 | 5:52  | 30,91 | 5:52  | 22,88  | 1 | 1    |
| 01/03/2008 | 121 | 8:15  | 24,49 | 8:15  | 16,54  | 1 | 1    |
| 01/03/2008 | 122 | 3:29  | 32,94 | NULL  | 19,02  | 1 | NULL |
| 01/03/2008 | 123 | 6:36  | 32,16 | 6:36  | 19,16  | 1 | 1    |
| 01/03/2008 | 131 | 3:18  | 35,74 | NULL  | 19,34  | 1 | NULL |
| 01/03/2008 | 132 | 4:46  | 30,83 | NULL  | 18,76  | 1 | NULL |
| 01/03/2008 | 133 | 8:48  | 28,05 | 8:48  | 19,53  | 1 | 1    |
| 01/03/2008 | 135 | 6:03  | 27,98 | 6:03  | 20,75  | 1 | 1    |
| 01/03/2008 | 136 | 5:19  | 41,77 | 5:19  | 23,35  | 1 | 1    |
| 01/03/2008 | 138 | 7:20  | 34,73 | 7:20  | 23,33  | 1 | 1    |
| 01/03/2008 | 141 | 3:51  | 34,31 | NULL  | 24,45  | 1 | NULL |
| 01/04/2008 | 101 | 5:52  | 26,11 | 5:52  | 15,44  | 1 | 1    |
| 01/04/2008 | 102 | 2:34  | 25,81 | NULL  | 16,80  | 1 | NULL |
| 01/04/2008 | 104 | 4:13  | 40,06 | NULL  | 23,87  | 1 | NULL |
| 01/04/2008 | 105 | 7:42  | 42,64 | 7:42  | 30,89  | 1 | 1    |
| 01/04/2008 | 106 | 3:40  | 28,31 | NULL  | 18,78  | 1 | NULL |
| 01/04/2008 | 107 | 4:13  | 36,53 | NULL  | 23,79  | 1 | NULL |
| 01/04/2008 | 109 | 6:25  | 26,56 | 6:25  | 15,67  | 1 | 1    |
| 01/04/2008 | 110 | 2:34  | 17,49 | NULL  | 10,39  | 1 | NULL |
| 01/04/2008 | 111 | 5:19  | 34,52 | 5:19  | 19,24  | 1 | 1    |
| 01/04/2008 | 116 | 5:52  | 30,07 | 5:52  | 20,53  | 1 | 1    |
| 01/04/2008 | 118 | 4:57  | 37,74 | NULL  | 23,24  | 1 | NULL |
| 01/04/2008 | 120 | 10:05 | 22,30 | 10:05 | 18,24  | 1 | 1    |
| 01/04/2008 | 122 | 10:38 | 24,96 | 10:38 | 16,59  | 1 | 1    |
| 01/04/2008 | 123 | 5:52  | 31,89 | 5:52  | 24,12  | 1 | 1    |
| 01/04/2008 | 124 | 5:41  | 25,18 | 5:41  | 13,49  | 1 | 1    |
| 01/04/2008 | 125 | 2:12  | 19,59 | NULL  | 11,88  | 1 | NULL |
| 01/05/2008 | 102 | 2:92  | 33,40 | 5:30  | 19,22  | 2 | 1    |
| 01/05/2008 | 103 | 4:13  | 32,95 | NULL  | 23,13  | 1 | NULL |
| 01/05/2008 | 104 | 8:59  | 27,84 | 8:59  | 14,89  | 1 | 1    |
| 01/05/2008 | 105 | 10:05 | 50,89 | 10:05 | 34,62  | 1 | 1    |
| 01/05/2008 | 107 | 5:52  | 33,79 | 5:52  | 21,92  | 1 | 1    |
| 01/05/2008 | 109 | 4:71  | 27,93 | 6:03  | 12,69  | 2 | 1    |
| 01/05/2008 | 110 | 2:76  | 29,71 | NULL  | 14,52  | 2 | NULL |
| 01/05/2008 | 112 | 3:99  | 33,73 | NULL  | 18,34  | 3 | NULL |
| 01/05/2008 | 114 | 4:88  | 35,68 | 5:52  | 26,13  | 2 | 1    |
| 01/05/2008 | 115 | 4:29  | 35,25 | NULL  | 25,82  | 2 | NULL |
| 01/05/2008 | 116 | 4:24  | 26,53 | NULL  | 16,99  | 1 | NULL |
| 01/05/2008 | 117 | 9:21  | 44,43 | 9:21  | 33,98  | 1 | 1    |
| 01/05/2008 | 119 | 7:53  | 32,28 | 7:53  | 22,74  | 1 | 1    |
| 01/05/2008 | 121 | 7:42  | 31,11 | 7:42  | 19,94  | 1 | 1    |

|            |     |       |       |       |       |   |      |
|------------|-----|-------|-------|-------|-------|---|------|
| 01/05/2008 | 122 | 5:41  | 31,99 | 5:41  | 25,19 | 1 | 1    |
| 01/05/2008 | 124 | 11:22 | 34,07 | 11:22 | 25,67 | 1 | 1    |
| 01/05/2008 | 128 | 10:27 | 29,65 | 10:27 | 24,30 | 1 | 1    |
| 01/05/2008 | 132 | 4:02  | 36,45 | NULL  | 22,93 | 1 | NULL |
| 01/05/2008 | 134 | 7:42  | 42,22 | 7:42  | 30,10 | 1 | 1    |
| 01/05/2008 | 135 | 8:26  | 34,25 | 8:26  | 22,13 | 1 | 1    |
| 01/06/2008 | 101 | 5:30  | 37,76 | 5:30  | 27,82 | 1 | 1    |
| 01/06/2008 | 104 | 4:46  | 29,11 | NULL  | 20,55 | 1 | NULL |
| 01/06/2008 | 105 | 2:56  | 32,63 | NULL  | 17,46 | 1 | NULL |
| 01/06/2008 | 107 | 5:08  | 35,56 | 5:08  | 26,01 | 1 | 1    |
| 01/06/2008 | 109 | 5:41  | 30,17 | 5:41  | 22,78 | 1 | 1    |
| 01/06/2008 | 110 | 3:07  | 22,34 | NULL  | 6,93  | 1 | NULL |
| 01/06/2008 | 115 | 5:52  | 24,61 | 5:52  | 12,36 | 1 | 1    |
| 01/06/2008 | 116 | 6:03  | 33,76 | 6:03  | 24,31 | 1 | 1    |
| 01/06/2008 | 117 | 7:31  | 39,04 | 7:31  | 28,80 | 1 | 1    |
| 01/06/2008 | 118 | 4:35  | 24,21 | NULL  | 14,41 | 1 | NULL |
| 01/06/2008 | 119 | 3:51  | 32,41 | NULL  | 18,81 | 1 | NULL |
| 01/06/2008 | 121 | 5:08  | 35,24 | 5:08  | 26,22 | 1 | 1    |
| 01/06/2008 | 129 | 4:24  | 30,73 | NULL  | 17,78 | 1 | NULL |
| 01/06/2008 | 132 | 7:20  | 36,92 | 7:20  | 29,79 | 1 | 1    |
| 01/06/2008 | 139 | 3:29  | 28,25 | NULL  | 19,28 | 1 | NULL |
| 01/06/2008 | 140 | 3:87  | 32,76 | NULL  | 21,98 | 2 | NULL |
| 01/06/2008 | 143 | 3:07  | 31,89 | NULL  | 21,19 | 1 | NULL |
| 01/06/2008 | 144 | 4:46  | 26,36 | NULL  | 19,99 | 1 | NULL |
| 01/06/2008 | 146 | 6:25  | 32,34 | 6:25  | 24,77 | 2 | 2    |
| 01/06/2008 | 147 | 6:58  | 32,11 | 6:58  | 17,76 | 1 | 1    |
| 01/07/2008 | 110 | 1:70  | 30,38 | NULL  | 11,08 | 2 | NULL |
| 01/07/2008 | 111 | 5:08  | 32,97 | 5:08  | 23,99 | 1 | 1    |
| 01/07/2008 | 112 | 9:54  | 17,67 | 9:54  | 10,40 | 1 | 1    |
| 01/07/2008 | 113 | 6:03  | 37,18 | 6:03  | 18,54 | 1 | 1    |
| 01/07/2008 | 114 | 4:24  | 30,59 | NULL  | 16,32 | 1 | NULL |
| 01/07/2008 | 117 | 6:25  | 30,19 | 6:25  | 19,73 | 1 | 1    |
| 01/07/2008 | 118 | 3:51  | 29,28 | NULL  | 15,28 | 1 | NULL |
| 01/07/2008 | 119 | 6:58  | 41,80 | 6:58  | 21,24 | 1 | 1    |
| 01/07/2008 | 120 | 4:35  | 29,66 | NULL  | 22,95 | 1 | NULL |
| 01/07/2008 | 121 | 5:41  | 30,98 | 5:41  | 14,26 | 1 | 1    |
| 01/07/2008 | 126 | 4:57  | 37,71 | NULL  | 24,61 | 1 | NULL |
| 01/07/2008 | 128 | 5:08  | 38,18 | 5:08  | 22,30 | 1 | 1    |
| 01/07/2008 | 129 | 2:76  | 31,87 | NULL  | 16,36 | 2 | NULL |
| 01/07/2008 | 131 | 4:13  | 36,83 | NULL  | 20,81 | 1 | NULL |
| 01/07/2008 | 132 | 6:47  | 37,51 | 6:47  | 29,97 | 1 | 1    |
| 01/07/2008 | 133 | 4:57  | 39,81 | NULL  | 29,21 | 1 | NULL |
| 01/07/2008 | 137 | 6:36  | 30,91 | 6:36  | 18,01 | 1 | 1    |
| 01/07/2008 | 138 | 4:13  | 41,98 | NULL  | 29,35 | 1 | NULL |
| 01/07/2008 | 140 | 5:30  | 36,04 | 5:30  | 23,17 | 1 | 1    |
| 01/07/2008 | 142 | 7:31  | 36,22 | 7:31  | 28,30 | 1 | 1    |

|            |     |       |       |       |       |   |      |
|------------|-----|-------|-------|-------|-------|---|------|
| 01/08/2008 | 102 | 3:45  | 28,65 | NULL  | 17,02 | 2 | NULL |
| 01/08/2008 | 103 | 09:54 | 32,18 | 9:54  | 25,04 | 2 | 2    |
| 01/08/2008 | 104 | 10:27 | 29,65 | 10:27 | 24,30 | 1 | 1    |
| 01/08/2008 | 105 | 11:22 | 31,51 | 11:22 | 23,63 | 1 | 1    |
| 01/08/2008 | 106 | 5:19  | 34,82 | 5:19  | 24,80 | 1 | 1    |
| 01/08/2008 | 107 | 10:05 | 50,89 | 10:05 | 34,62 | 1 | 1    |
| 01/08/2008 | 109 | 10:49 | 27,48 | 10:49 | 19,01 | 1 | 1    |
| 01/08/2008 | 110 | 4:46  | 50,85 | NULL  | 33,65 | 1 | NULL |
| 01/08/2008 | 112 | 7:42  | 31,94 | 7:42  | 16,11 | 1 | 1    |
| 01/08/2008 | 114 | 6:03  | 44,92 | 6:03  | 33,49 | 1 | 1    |
| 01/08/2008 | 115 | 7:86  | 22,54 | 7:86  | 13,78 | 3 | 3    |
| 01/08/2008 | 117 | 5:08  | 40,95 | 9:21  | 20,12 | 3 | 3    |
| 01/08/2008 | 118 | 9:21  | 39,98 | 9:21  | 19,21 | 3 | 3    |
| 01/08/2008 | 119 | 6:83  | 27,29 | 9:43  | 16,61 | 2 | 1    |
| 01/08/2008 | 123 | 6:14  | 32,31 | 6:14  | 20,66 | 1 | 1    |
| 01/08/2008 | 127 | 5:30  | 35,62 | 5:30  | 19,18 | 1 | 1    |
| 01/08/2008 | 128 | 6:36  | 28,40 | 6:36  | 20,66 | 1 | 1    |
| 01/08/2008 | 129 | 5:19  | 40,36 | 5:19  | 29,91 | 1 | 1    |
| 01/08/2008 | 131 | 3:51  | 24,52 | NULL  | 14,91 | 1 | NULL |
| 01/08/2008 | 133 | 7:31  | 33,03 | 7:31  | 22,76 | 1 | 1    |
| 01/08/2008 | 139 | 4:66  | 30,09 | 5:19  | 15,72 | 3 | 2    |
| 01/08/2008 | 140 | 5:99  | 43,24 | 7:42  | 30,29 | 2 | 1    |
| 01/08/2008 | 142 | 6:36  | 37,37 | 6:36  | 25,91 | 1 | 1    |
| 01/08/2008 | 143 | 9:21  | 35,21 | 9:21  | 24,52 | 1 | 1    |
| 01/08/2008 | 144 | 5:19  | 30,48 | 5:19  | 23,42 | 1 | 1    |
| 01/08/2008 | 145 | 6:25  | 32,34 | 6:25  | 24,77 | 2 | 2    |
| 01/08/2008 | 147 | 4:02  | 27,61 | NULL  | 19,57 | 1 | NULL |
| 01/08/2008 | 149 | 5:52  | 18,27 | 5:52  | 8,18  | 1 | 1    |
| 01/08/2008 | 150 | 3:18  | 28,91 | NULL  | 17,13 | 1 | NULL |
| 01/08/2008 | 152 | 4:46  | 30,88 | NULL  | 16,41 | 1 | NULL |
| 01/08/2008 | 153 | 8:48  | 34,16 | 8:48  | 14,94 | 1 | 1    |
| 01/08/2008 | 160 | 7:42  | 42,22 | 7:42  | 30,10 | 1 | 1    |
| 01/08/2008 | 100 | 6:83  | 27,29 | 9:43  | 16,61 | 2 | 1    |
| 01/09/2008 | 101 | 10:16 | 34,22 | 10:16 | 21,24 | 1 | 1    |
| 01/09/2008 | 102 | 6:78  | 33,57 | 6:78  | 16,81 | 2 | 2    |
| 01/09/2008 | 103 | 1:06  | 20,74 | NULL  | 5,39  | 1 | NULL |
| 01/09/2008 | 105 | 4:02  | 26,21 | NULL  | 16,71 | 1 | NULL |
| 01/09/2008 | 106 | 9:21  | 35,46 | 9:21  | 13,99 | 1 | 1    |
| 01/09/2008 | 107 | 3:40  | 39,94 | NULL  | 27,17 | 2 | NULL |
| 01/09/2008 | 109 | 3:18  | 27,47 | NULL  | 14,02 | 1 | NULL |
| 01/09/2008 | 110 | 8:04  | 38,18 | 8:04  | 15,62 | 1 | 1    |
| 01/09/2008 | 112 | 5:24  | 27,15 | 6:14  | 15,96 | 2 | 1    |
| 01/09/2008 | 113 | 3:68  | 42,92 | 5:41  | 16,49 | 4 | 1    |
| 01/09/2008 | 116 | 11:55 | 26,89 | 11:55 | 15,22 | 1 | 1    |
| 01/09/2008 | 118 | 5:08  | 34,42 | 5:08  | 18,06 | 1 | 1    |
| 01/09/2008 | 120 | 7:09  | 26,07 | 7:09  | 14,51 | 1 | 1    |

|            |     |       |       |       |        |   |      |
|------------|-----|-------|-------|-------|--------|---|------|
| 01/09/2008 | 122 | 4:93  | 28,63 | 6:58  | 17,78  | 2 | 1    |
| 01/09/2008 | 123 | 4:35  | 29,95 | NULL  | 14,46  | 1 | NULL |
| 01/09/2008 | 127 | 4:57  | 35,24 | NULL  | 23,33  | 1 | NULL |
| 01/09/2008 | 129 | 6:03  | 44,85 | 6:03  | 30,44  | 1 | 1    |
| 01/09/2008 | 132 | 4:94  | 33,28 | 8:26  | 22,00  | 4 | 1    |
| 01/09/2008 | 133 | 3:40  | 30,63 | NULL  | 17,79  | 1 | NULL |
| 01/09/2008 | 134 | 2:56  | 25,36 | NULL  | 15,83  | 1 | NULL |
| 01/10/2008 | 101 | 14:29 | 24,98 | 14:29 | 12,85  | 1 | 1    |
| 01/10/2008 | 102 | 4:88  | 27,27 | 6:47  | 13,76  | 2 | 1    |
| 01/10/2008 | 105 | 10:16 | 28,01 | 10:16 | 17,27  | 1 | 1    |
| 01/10/2008 | 106 | 11:44 | 36,69 | 11:44 | 14,68  | 1 | 1    |
| 01/10/2008 | 108 | 7:20  | 36,47 | 7:20  | 16,04  | 1 | 1    |
| 01/10/2008 | 109 | 6:47  | 25,28 | 6:47  | 9,02   | 1 | 1    |
| 01/10/2008 | 112 | 5:08  | 31,36 | 5:08  | 13,88  | 1 | 1    |
| 01/10/2008 | 115 | 4:57  | 29,61 | NULL  | 6,63   | 1 | NULL |
| 01/10/2008 | 118 | 6:03  | 35,25 | 6:03  | 25,05  | 1 | 1    |
| 01/10/2008 | 121 | 4:02  | 23,20 | NULL  | 13,05  | 1 | NULL |
| 01/10/2008 | 125 | 9:74  | 22,51 | 9:74  | 12,11  | 2 | 2    |
| 01/10/2008 | 130 | 6:14  | 32,05 | 6:14  | 21,82  | 1 | 1    |
| 01/10/2008 | 134 | 8:48  | 33,11 | 8:48  | 13,62  | 1 | 1    |
| 01/10/2008 | 135 | 8:37  | 21,53 | 8:37  | 9,38   | 1 | 1    |
| 01/10/2008 | 104 | 2:34  | 18,68 | NULL  | 9,93   | 1 | NULL |
| 01/10/2008 | 106 | 2:77  | 23,21 | NULL  | 14,25  | 3 | NULL |
| 01/10/2008 | 107 | 6:40  | 19,33 | 6:40  | 12,906 | 4 | 4    |
| 01/10/2008 | 112 | 4:56  | 27,71 | 5:19  | 19,65  | 3 | 1    |
| 01/10/2008 | 114 | 3:19  | 29,62 | NULL  | 17,42  | 3 | NULL |
| 01/10/2008 | 117 | 4:35  | 32,23 | NULL  | 22,79  | 1 | NULL |
| 01/10/2008 | 118 | 3:18  | 16,64 | NULL  | 10,20  | 2 | NULL |
| 01/10/2008 | 120 | 1:28  | 21,94 | NULL  | 8,94   | 2 | NULL |

Fuente: Elaboración Propia

# ANEXOS

## Anexo 1

### Practica operativa Efectos Anódicos en Celdas II

|  |                                  |   |                            |
|--|----------------------------------|---|----------------------------|
|  <b>C.V.G. ALUMINIO DEL CARONI, S.A.</b><br>GERENCIA TÉCNICA<br>DPTO. ING. DE PROCESO - CONTROL CALIDAD |                                  | PAG. 1 DE 5                             |                            |
| <b>MANUAL DE NORMAS DE PROCESO</b>   |                                  |   |                            |
| <b>GERENCIA:</b><br>REDUCCION  | <b>CODIGO:</b><br>R20 - NP - 004 | <b>FECHA DE EMISION</b><br>08/10/96     | <b>N° DE REVISION</b><br>3 |
| <b>REFERENCIA:</b><br>EFECTO ANODICO   |                                  | <b>FECHA DE REVISION</b><br>Mayo - 2000 |                            |

**1. OBJETIVO:**

Definir la causa que produce el efecto anódico y su influencia en la estabilidad de las celdas.

**2. ALCANCE:**

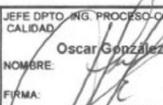
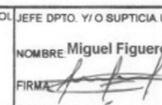
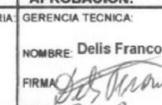
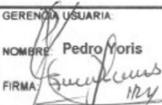
Celdas II – Línea III.

**3. MARCO TEORICO:**

El efecto anódico es consecuencia de un incremento súbito del voltaje de celda producto del deposito de gases en la parte inferior del ánodo creando una alta resistencia lo que produce ese incremento de voltaje.

El baño electrolítico mejora su capacidad humectante al tener alúmina disuelta en él, por lo tanto el contacto entre el ánodo y el baño es óptimo, y disminuye cuando la concentración de alúmina va decreciendo a través del mismo proceso (disolución de la molécula de alúmina), ver anexo (fig. 1).

Al disminuir la humectabilidad, se va incrementando la resistencia eléctrica entre el baño y el ánodo produciéndose un aumento del voltaje. Este aumento es provocado o causado, generalmente, por la falta de alúmina. El baño electrolítico al no disponer de suficiente alúmina tiende a consumir fluoruro de aluminio según la siguiente ecuación:

|  |   |   |  |  |
|--|---|---|--|--|
| <b>CONFORMACION:</b>   |   |   | <b>APROBACION:</b>   |  |
| REALIZADO POR:<br>NOMBRE: Rafael Rodríguez<br>FIRMA: <br>FICHA: 14908 | JEFE DPTO. ING. PROCESO CONTROL CALIDAD:<br>NOMBRE: Oscar González<br>FIRMA: <br>FICHA: 116424 | JEFE DPTO. Y/O SUPTICIA USUARIA:<br>NOMBRE: Miguel Figuerda<br>FIRMA: <br>FICHA: 2521 | GERENCIA TECNICA:<br>NOMBRE: Delis Franco<br>FIRMA: <br>FICHA: 2960 | GERENCIA USUARIA:<br>NOMBRE: Pedro Floris<br>FIRMA: <br>FICHA: 1124 |

Forma AL P-OPE-4583-002 (01/96)

## Anexo 1

### Practica Operativa Efectos Anódicos Celdas II



C.V.G. ALUMINIO DEL CARONI, S.A.  
GERENCIA TECNICA  
DPTO. ING. DE PROCESO - CONTROL CALIDAD

#### MANUAL DE NORMAS DE PROCESO

PAG.  
2 DE 5

|                               |                           |                                  |                |
|-------------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------|
| GERENCIA:<br>REDUCCION        | CODIGO:<br>R20 - NP - 004 | FECHA DE EMISION<br>08/10/96     | N° DE REVISION |
| REFERENCIA:<br>EFECTO ANODICO |                           | FECHA DE REVISION<br>Mayo - 2000 | 3              |



Criolita + Carbono → Tetrafloruro de Carbono + Fluoruro de Sodio + Aluminio

El fluoruro proviene de la disociación de la molécula de criolita, depositándose el aluminio en el cátodo y el Tetrafloruro de Aluminio se deposita en la parte inferior del ánodo.

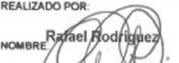
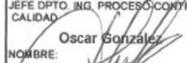
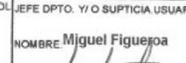
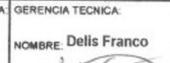
El flúor es un gas de polaridad negativa y es atraído por el ánodo, adhiriéndose fuertemente en forma de burbuja.

Debido a que el flúor no combustiona con el carbón del ánodo, las burbujas se van acumulando debajo del mismo. Esto crea una resistencia que va creciendo, llegando al punto que no deja pasar la corriente produciéndose arcos voltaicos.

La película de burbujas debajo del ánodo por fuerzas electrolíticas no puede ser eliminada solamente por la adición de alúmina, sino que debe ser removida agitando el baño mediante movimientos de puente o introduciendo varas verdes.

Cuando una celda presenta efecto anódico es importante:

- Dar dos (02) golpes de alúmina al iniciar el apagado del efecto anódico (20 Kg de Alúmina) con la finalidad de ir restituyendo concentración en el baño.
- Asegurar que el tiempo de duración del efecto anódico no sea prolongado debido a que el exceso de entrada de energía en la celda trae como consecuencia un

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
| <b>CONFORMACION:</b>   |  | <b>APROBACION:</b>  |  |
| REALIZADO POR:   | JEFE DPTO. ING. PROCESO/CONTROL CALIDAD:   | JEFE DPTO. Y/O SUPTICIA USUARIA:  | GERENCIA TECNICA:  |
| NOMBRE: Rafael Rodríguez   | NOMBRE: Oscar González   | NOMBRE: Miguel Figueoa  | NOMBRE: Delis Franco   |
| FIRMA:  | FIRMA:  | FIRMA:  | FIRMA:  |
| FICHA: 14908   | FICHA: 16474   | FICHA: 9525   | FICHA: 7960  |
|  |  |   | GERENCIA USUARIA:  |
|  |  |   | NOMBRE: Pedro Yoris  |
|  |  |   | FIRMA:  |
|  |  |   | FICHA:   |

Formal: P-0PE-493-02 (01/96)

## Anexo 1

### Practica Operativa Efectos Anódicos Celdas II



C.V.G. ALUMINIO DEL CARONI, S.A.  
GERENCIA TECNICA  
DPTO. ING. DE PROCESO - CONTROL CALIDAD

#### MANUAL DE NORMAS DE PROCESO

PAG. 3 DE 5

|                               |                           |                                  |                |
|-------------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------|
| GERENCIA:<br>REDUCCION        | CODIGO:<br>R20 - NP - 004 | FECHA DE EMISION<br>08/10/96     | N° DE REVISION |
| REFERENCIA:<br>EFECTO ANODICO |                           | FECHA DE REVISION<br>Mayo - 2000 | 3              |

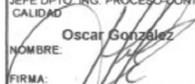
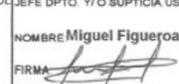
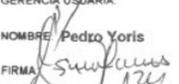
recalentamiento en la misma y por lo tanto, debilitamiento de las paredes de la celda, aumentando las probabilidades de casco rojo y/o perforación.

- Durante el apagado del efecto anódico chequear las condiciones de la celda respecto al banqueo lateral y exceso de carboncillo a fin de tomar cualquier decisión adicional tal como: desnatado, banqueo, etc.
- Una vez apagado el efecto anódico dar dos (02) golpes más (20 Kg de Alúmina) para acercar más la concentración al rango de zona óptima la cual será restablecida finalmente por el computador.

En condiciones normales de operación la frecuencia del efecto anódico, en la línea III, como máximo debería ser un efecto cada 48 horas con una duración menor o igual a tres (03) minutos y un voltaje máximo de 35 voltios.

#### 1. Ventajas del Efecto Anódico:

Es un medio de control y chequeo de las condiciones de operación de las celdas. si en la celda a ocurrido el efecto anódico en el tiempo reglamentario programado por el computador se considera que la celda esta operando normal y tiene una alimentación adecuada. Si ocurre antes del tiempo programado se supone que la celda esta deficientemente alimentada y si por el contrario ocurre mucho tiempo después del tiempo programado indica que la celda esta sobrealimentada (formación de lodo) o que tiene exceso de polvillo.

| CONFORMACION:  |  | APROBACION:   |  |
|--|--|---|--|
| REALIZADO POR:   | JEFE DPTO. ING. PROCESO CONTROL CALIDAD  | JEFE DPTO. Y/O SUPTICIA USUARIA:  | GERENCIA TECNICA:  |
| NOMBRE: Rafael Rodríguez   | NOMBRE: Oscar González   | NOMBRE: Miguel Figueroa   | NOMBRE: Delis Franco   |
| FIRMA:  | FIRMA:  | FIRMA:  | FIRMA:  |
| FICHA: 114908  | FICHA: 116974  | FICHA: 9525   | FICHA: 79160   |
|  |  |   | GERENCIA USUARIA:  |
|  |  |   | NOMBRE: Pedro Yoris  |
|  |  |   | FIRMA:  |
|  |  |   | FICHA: 1321  |

Forma I: P-OPE-0583-002 (01/96)

## Anexo 1

### Practica Operativa Efectos Anódicos Celdas II



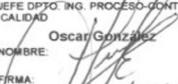
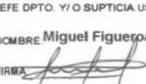
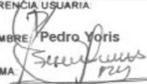
C.V.G. ALUMINIO DEL CARONI, S.A.  
GERENCIA TÉCNICA  
DPTO. ING. DE PROCESO - CONTROL CALIDAD

#### MANUAL DE NORMAS DE PROCESO

PAG. 4 DE 5

|                                       |                                  |   |                |
|---------------------------------------|----------------------------------|---|----------------|
| GERENCIA:<br><b>REDUCCION</b>         | CODIGO:<br><b>R20 - NP - 004</b> | FECHA DE EMISION<br><b>08/10/96</b>     | N° DE REVISION |
| REFERENCIA:<br><b>EFEECTO ANODICO</b> |                                  | FECHA DE REVISION<br><b>Mayo - 2000</b> | <b>3</b>       |

- Puede ser utilizado para remover el polvillo proveniente del desgaste mecánico de los ánodos.
  - Permite disolver o remover el lodo en la celda.
2. Desventajas del Efecto Anódico:
- Volatilización del electrolito.
  - Reduce la eficiencia de corriente debido al incremento de la temperatura (por cada 10 °C de aumento de la temperatura la eficiencia disminuye un 3 %).
  - Debilitamiento de la costra del baño lo que provoca un desbalance térmico.
  - Distorsiona el ciclo limpio de alimentación (si no es programado).
3. Supresión del Efecto Anódico:
- La supresión del efecto anódico se puede realizar en forma automática o manual. Actualmente en la línea III se realiza en forma manual introduciendo una vara verde por debajo de los carbones 1 – 18 (pasillo angosto) o por debajo de los carbones 9 – 10 (pasillo ancho). Con el propósito de sacar los gases que se encuentran debajo de los ánodos los cuales se oponen al paso de la corriente.

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
| <b>CONFORMACION:</b>   |  |  | <b>APROBACION:</b>   |  |
| REALIZADO POR:   | JEFE DPTO. ING. PROCESO CONTROL CALIDAD  | JEFE DPTO. Y/O SUPTICIA USUARIA  | GERENCIA TECNICA:  | GERENCIA USUARIA:  |
| NOMBRE: Rafael Rodriguez   | NOMBRE: Oscar Gonzalez   | NOMBRE: Miguel Figueroa  | NOMBRE: Delis Franco   | NOMBRE: Pedro Yoris  |
| FIRMA:  | FIRMA:  | FIRMA:  | FIRMA:  | FIRMA:  |
| FICHA: 14908   | FICHA: 16424   | FICHA: 9525  | FICHA: 7960  | FICHA:   |

Forma AL: P.OPE-0583-002 (01/96)

## Anexo 1

### Practica Operativa Efectos Anódicos Celdas II



C.V.G. ALUMINIO DEL CARONI, S.A.  
GERENCIA TECNICA  
DPTO. ING. DE PROCESO - CONTROL CALIDAD

#### MANUAL DE NORMAS DE PROCESO

PAG. 5 DE 5

|                                       |                                  |   |                |
|---------------------------------------|----------------------------------|---|----------------|
| GERENCIA:<br><b>REDUCCION</b>         | CODIGO:<br><b>R20 - NP - 004</b> | FECHA DE EMISION<br><b>08/10/96</b>     | N° DE REVISION |
| REFERENCIA:<br><b>EFEECTO ANODICO</b> |                                  | FECHA DE REVISION<br><b>Mayo - 2000</b> | <b>3</b>       |

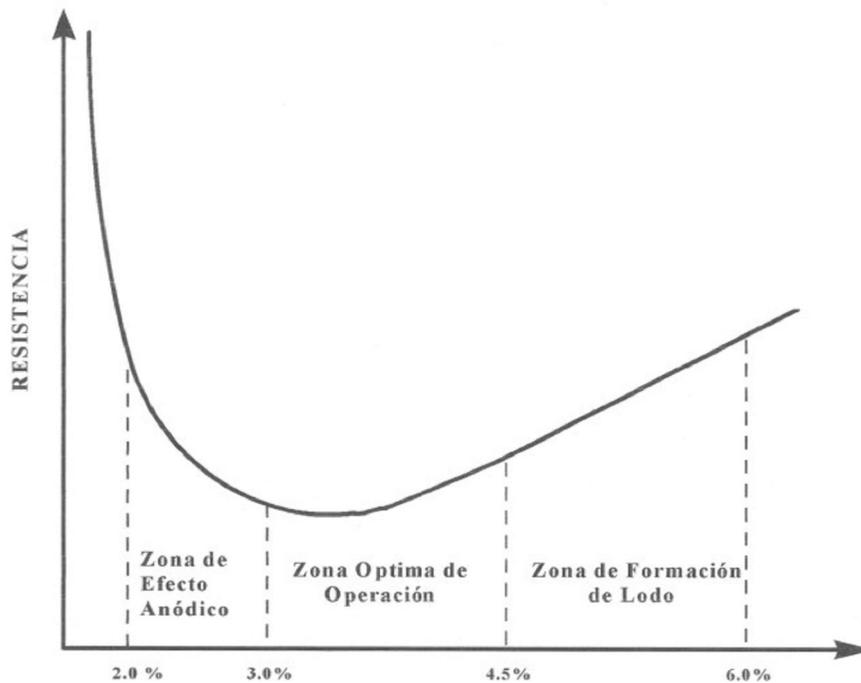


Fig. N° 1 Variación de la Resistencia con el contenido de Alúmina en el Baño.

|   |  |   |   |  |
|---|--|---|---|--|
| <b>CONFORMACION:</b>  |  |   | <b>APROBACION:</b>  |  |
| REALIZADO POR:<br>NOMBRE: <b>Rafael Rodríguez</b><br>FIRMA: <i>[Signature]</i><br>FICHA: <b>14908</b> | JEFE DPTO. ING. PROCESO CONTROL CALIDAD<br>NOMBRE: <b>Oscar González</b><br>FIRMA: <i>[Signature]</i><br>FICHA: <b>16474</b> | JEFE DPTO. Y/O SUPTICIA USUARIA<br>NOMBRE: <b>Miguel Figueroa</b><br>FIRMA: <i>[Signature]</i><br>FICHA: <b>12525</b> | GERENCIA TECNICA:<br>NOMBRE: <b>Delis Franco</b><br>FIRMA: <i>[Signature]</i><br>FICHA: <b>2960</b> | GERENCIA USUARIA:<br>NOMBRE: <b>Pedro Yoris</b><br>FIRMA: <i>[Signature]</i><br>FICHA: <b>1129</b> |

Forma AL: P-OPV-0503-002 (01/96)