

**OPTIMIZACIÓN DEL PATRÓN DE CARGA METÁLICA EN  
LOS HORNOS DE ARCO ELÉCTRICO DE LA ACERÍA DE  
PLANCHONES (SIDOR).**



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**



**OPTIMIZACIÓN DEL PATRÓN DE CARGA METÁLICA EN  
LOS HORNOS DE ARCO ELÉCTRICO DE LA ACERÍA DE  
PLANCHONES (SIDOR).**

Irannis Lisseth Romero Gascón  
CI. 15.851.681

**CIUDAD GUAYANA, NOVIEMBRE DE 2010**



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



**OPTIMIZACIÓN DEL PATRÓN DE CARGA METÁLICA EN LOS HORNOS DE  
ARCO ELÉCTRICO DE LA ACERÍA DE PLANCHONES (SIDOR).**

El presente trabajo fue realizado en la empresa SIDOR ubicada en la Zona Industrial Matanzas, Avenida Fuerzas Armadas, en Ciudad Guayana – Estado Bolívar; presentado ante el Departamento de Ingeniería Industrial de la UNEXPO Vicerrectorado Puerto Ordaz como requisito principal para la aprobación de La TRABAJO DE GRADO. Teniendo un tiempo de duración de 24 semanas, período comprendido desde el 1 de Diciembre del 2009 hasta el 17 de Mayo del 2010.

---

Ing. IVÁN TURMERO MSc  
TUTOR ACADEMICO

---

ING. ELTHON HORIE  
TUTOR INDUSTRIAL

CIUDAD GUAYANA, NOVIEMBRE DE 2010.

Romero Gascón, Irannis Lisseth

OPTIMIZACIÓN DEL PATRÓN DE CARGA METÁLICA EN LOS HORNOS DE  
ARCO ELÉCTRICO DE LA ACERÍA DE PLANCHONES (SIDOR).

Pág. 142

Informe de Trabajo de grado.

Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José De Sucre”.

Vice-Rectorado Puerto Ordaz. Departamento De Ingeniería Industrial.

Tutor Industrial: Ing. Elthon Horie

Tutor Académico: Ing. Ivan Túrmero MSc

Bibliografía: pág. 124 y 125

1. El Problema. 2. La Empresa. 3. Marco Teórico. 4. Marco Metodológico. 5.  
Situación Actual 6. Análisis y Resultado.



## DEDICATORIA

A mi Madre por ser lo más importante que tengo en la vida y ser el gran motivo para lograr esta meta.

A Kariangela Nikol Romero, Sebastián Jesús Romero y Alejandra Lisseth Romero mis Sobrinos bellos, en esta vida las cosas se logran con esfuerzo, sacrificio y dedicación.



## AGRADECIMIENTO

A Dios todopoderoso, por el simple hecho de existir y hacer que muchas cosas a pesar de sus grandes dificultades puedan lograrse.

A mi Madre Iraidis Gascón por ser en todo momento mi dirección y mi esperanza y que este logro es de las dos porque jugaste un papel muy importante en esta meta alcanzada.

A mi familia, en especial a mis primos Daicis Eurea y Omar Eurea.

A mis amigas y amigos, en especial a Victoria Quintero por ser una excelente amiga.

A los Ing. Esteban Campo por haber sido mi guía dentro de la empresa el cual siempre estuvo cuando lo necesite para la ejecución de este estudio, al igual que la Ing. Maria Gabriela Montalenti por haberme ayudado en la elaboración del mismo.

A mi Tutor académico, Prof. Iván Turmero por ayudarme en la elaboración de este informe.

A mi Tutor industrial Ing. Elthon Horie, por ayudarme en cuanto lo necesite.

A los señores, Lorena Cabrera, José Azocar, Dulce María Mirabal, María Elena Rendón y a todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron conmigo durante mi estadía en planta para la ejecución de este estudio.

A todas aquellas personas que compartieron algún momento conmigo y contribuyeron a mi formación.



**Universidad Nacional Experimental Politécnica  
"Antonio José De Sucre"  
Vice-Rectorado Puerto Ordaz  
Departamento de Ingeniería Industrial  
Trabajo de Grado**



## **OPTIMIZACIÓN DEL PATRÓN DE CARGA METÁLICA EN LOS HORNOS DE ARCO ELÉCTRICO DE LA ACERÍA DE PLANCHONES (SIDOR).**

Autor: Irannis Romero.

Tutor Académico: Ivan Turmero.

Tutor Industrial: Elthon Horie.

### **RESUMEN**

El patrón de carga metálica de los hornos arco eléctrico se evaluó con fines de optimizar la producción de acero líquido con chatarra y con briquetas, esta investigación consistió en la posible reducción de costo mediante una evaluación técnica, así como también se tomó en cuenta el bienestar o afección que ocasiona el consumo de la chatarra y la briqueta en estos hornos. Este estudio se originó a causa de que la chatarra utilizada dentro de la producción ha tenido un aumento en sus costos y se quiere evaluar económicamente cual sería el comportamiento de los costos y de la producción con otro sustituto como lo es la briqueta, elaborando en detalle el consumo de cada una de las variables del proceso de coladas como lo son: (cal, energía eléctrica, electrodo, refractario y la puesta al mil) así como su respectivo costo; para una determinada carga metálica compuesta por (HRD, BRIQUETAS y CHATARRA), lo cual logra establecer el patrón de carga metálica más conveniente y menos costoso para la empresa.

**PALABRAS CLAVES: HRD, CHATARRA, BRIQUETA, CARGA METÁLICA.**

**INDICE GENERAL**

	<b>Pagina</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>vi</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>vii</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>15</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>1.1 EL PROBLEMA.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2 OBJETIVOS.....</b>	<b>21</b>
<b>CAPITULO II</b>	
<b>2.1 UBICACIÓN DE LA EMPRESA.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3 VISION DE LA EMPRESA.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4 MISION DE LA EMPRESA.....</b>	<b>26</b>
<b>2.5 POLITICAS.....</b>	<b>26</b>
<b>2.6 ORGANIZACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA.....</b>	<b>27</b>
<b>2.7 PROCESO GENERAL.....</b>	<b>28</b>
<b>2.7.1 SISTEMA DE REDUCCIÓN DIRECTA.....</b>	<b>29</b>
<b>2.7.2 SISTEMA DE PRODUCTOS PLANOS.....</b>	<b>31</b>
<b>2.7.2.1 ACERÍA PLANCHONES.....</b>	<b>32</b>
<b>2.7.2.2 LAMINACIÓN EN CALIENTE.....</b>	<b>33</b>
<b>2.7.2.3 LAMINACIÓN EN FRIO.....</b>	<b>34</b>
<b>2.7.2.4 LAMINACIÓN EN FRIO TANDEM.....</b>	<b>35</b>
<b>2.7.3 INSTALACIONES AUXILIARES.....</b>	<b>35</b>
<b>2.7.3.1 MUELLE.....</b>	<b>35</b>
<b>2.7.3.2 PLANTA DE CAL VIVA.....</b>	<b>36</b>
<b>2.7.3.3 PLANTA DE CAL HIDRATADA.....</b>	<b>36</b>
<b>2.7.3.4 PLANTA METÁLICO.....</b>	<b>36</b>
<b>2.8 DESCRPCION DE LOS PRODUCTOS DE SIDOR.....</b>	<b>36</b>
<b>2.8.1 PRODUCTOS PRIMARIOS.....</b>	<b>36</b>
<b>2.8.2 PRODUCTOS PLANOS.....</b>	<b>38</b>





2.8.3 PRODUCTOS LARGOS.....	39
<b>CAPITULO III</b>	
3.1 DEFINICIÓN DE COSTOS.....	41
3.2 CLASIFICACIÓN DE COSTOS.....	42
3.3 ESTUDIO DE COSTO .....	44
3.4 DEFINICIÓN DE EFICIENCIA .....	45
3.5 DEFINICIÓN DE EFICACIA.....	46
3.6 PRODUCTIVIDAD.....	47
3.7 EVALUACIÓN ECÓNOMICA.....	47
3.8 PRINCIPIO DE EFICACIA ECONOMICA.....	47
3.9 DEVALUACIÓN.....	48
3.10 INFLACIÓN.....	48
3.11 REDUCCIÓN DE COSTO.....	48
3.12 PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	49
3.13 PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	50
3.14 PRESUPUESTO.....	51
3.15 FUNCIÓN DEL PRESUPUESTO.....	52
3.16 CLASIFICACIÓN DEL PRESUPUESTO.....	52
3.17 RECURSOS O INSUMOS.....	53
<b>CAPITULO IV</b>	
4.1 TIPO DE ESTUDIO.....	54
4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	55
4.3 RECURSOS.....	56
4.4 PROCEDIMIENTO.....	57
<b>CAPITULO V</b>	
5.1 PROCESO EN LOS HORNOS.....	60
5.1.1 OBJETIVOS DEL PROCESO DE FUSIÓN EN EL HORNO ELECTRICO DE ARCO.....	61
5.1.2 ETAPAS DEL PROCESO DE FUSIÓN EN EL HORNO ELECTRICO DE ARCO.....	61
5.2 CARGA DEL HORNO E INICIO DEL PROCESO DE FUSIÓN....	67



<b>5.3 PUESTA AL MIL.....</b>	<b>68</b>
<b>5.4 PRESUPUESTO ECÓNOMICO ANUAL.....</b>	<b>69</b>
<b>5.5 MATERIALES DE PRODUCCIÓN.....</b>	<b>70</b>
<b>5.5.1 REFRACTARIOS.....</b>	<b>70</b>
<b>5.5.2 MASAS REFRACTARIAS.....</b>	<b>71</b>
<b>5.5.3 FINOS.....</b>	<b>72</b>
<b>5.5.4 ESCORÍA DE ACERÍA.....</b>	<b>73</b>
<b>5.5.5 CHATARRA.....</b>	<b>73</b>
<b>5.5.6 BRIQUETAS.....</b>	<b>75</b>
<b>5.5.7. ELECTRODOS.....</b>	<b>75</b>
<b>5.6 COSTO DEL DÓLAR.....</b>	<b>77</b>
<b>5.7 COSTO DE INSUMOS.....</b>	<b>78</b>
<b>CAPITULO VI</b>	
<b>6.1 ESTUDIO DEL CONSUMO EN LOS HORNOS DE FUSION.....</b>	<b>79</b>
<b>6.1.1. PATRÓN DE CARGA Vs. CONSUMO.....</b>	<b>79</b>
<b>6.1.2. DEMORAS EN EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE FUSÓN DE HORNO.....</b>	<b>86</b>
<b>6.1.3 GENERACIÓN DE FINOS DURANTE EL PROCESO DE FUSIÓN DEL HORNO.....</b>	<b>88</b>
<b>6.1.4 GENERACIÓN DE ESCORIA DE HORNO DURANTE EL PROCESO DE FUSIÓN.....</b>	<b>90</b>
<b>6.1.5 COSTO DE MANTENIMIENTO DE LAS CINTAS ALIMENTADORAS.....</b>	<b>93</b>
<b>6.2 ESTUDIO DEL PATRÓN DE CARGA ESCOGIDO.....</b>	<b>95</b>
<b>6.2.1 RENDIMIENTO DE CARGA METÁLICA.....</b>	<b>96</b>
<b>6.2.2 CONSUMO Vs. PATRÓN DE CARGA METÁLICA.....</b>	<b>98</b>
<b>6.2.3 COSTO POR VARIABLE.....</b>	<b>104</b>
<b>6.2.4 COSTO DEL 20% DEL PATRÓN DE CARGA METÁLICA..</b>	<b>109</b>
<b>6.2.5 GENERACIÓN DE ESCORIA.....</b>	<b>111</b>
<b>6.2.6 COSTO DE LOS INSUMOS Vs. COSTO DE CARGA METÁLICA.....</b>	<b>113</b>



---

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>115</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>117</b>
<b>GLOSARIO DE TERMINOS.....</b>	<b>120</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>126</b>

**INDICE DE FIGURAS**

	<b>Pagina</b>
<b>FIGURA 1 UBICACIÓN GEOGRAFICA DE SIDOR.....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 2 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA.....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 3 PROCESO GENERAL DE LA EMPRESA.....</b>	<b>28</b>
<b>FIGURA 4 MAQUINA PELETIZADORA.....</b>	<b>29</b>
<b>FIGURA 5 SISTEMA DE PRODUCTOS PLANOS.....</b>	<b>31</b>
<b>FIGURA 8 LAMINADOR SEMI CONTINUO EN CALIENTE.....</b>	<b>33</b>
<b>FIGURA 9 LAMMINACIÓN EN FRIO.....</b>	<b>34</b>
<b>FIGURA 10 GRUA DEL MUELLE.....</b>	<b>35</b>

**INDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS**

	<b>Pagina</b>
<b>TABLA 1 RESUMEN HISTÓRICO DE SIDOR.....</b>	<b>24</b>
<b>TABLA 2 CARACTERISTICAS DE LA ACERIA DE PLANCHONES...</b>	<b>32</b>
<b>TABLA 3 PATRÓN DE CARGA.....</b>	<b>67</b>
<b>TABLA 4 PRECIO DEL DÓLAR.....</b>	<b>77</b>
<b>TABLA 5 COSTO DE LOS INSUMOS.....</b>	<b>78</b>
<b>TABLA 6 PATRÓN DE CARGA Vs. CONSUMO (ENERO-2009/MARZO-2010).....</b>	<b>80</b>
<b>GRAFICO 1 EVOLUTIVO REAL CONSUMO DE CAL.....</b>	<b>81</b>
<b>GRAFICO 2 EVOLUTIVO REAL CONSUMO DE ELECTRODO.....</b>	<b>82</b>
<b>GRAFICO 3 EVOLUTIVO REAL CONSUMO DE ENERGÍA.....</b>	<b>83</b>
<b>GRAFICO 4 EVOLUTIVO REAL CONSUMO DE REFRACTARIO.....</b>	<b>84</b>
<b>GRAFICO 5 EVOLUTIVO REAL PUESTA AL MIL.....</b>	<b>85</b>
<b>TABLA 7 DEMORAS EN EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....</b>	<b>86</b>
<b>GRAFICO 6 EVOLUTIVO REAL DE LAS DEMORAS EN EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN .....</b>	<b>87</b>
<b>TABLA 8 GENERACIÓN DE FINOS EN EL PROCESO DE FUSIÓN DEL HORNO .....</b>	<b>88</b>
<b>GRAFICO 7 EVOLUTIVO REAL DE GENERACIÓN DE FINOS EN EL PROCESO DE FUSIÓN DEL HORNO.....</b>	<b>89</b>
<b>TABLA 9 GENERACIÓN DE ESCORIA EN EL PROCESO DE FUSIÓN DEL HORNO.....</b>	<b>90</b>
<b>GRAFICO 8 EVOLUTIVO REAL DE GENERACIÓN DE ESCORIA EN EL PROCESO DE FUSIÓN DEL HORNO.....</b>	<b>92</b>
<b>TABLA 10 COSTOS DE MANTENIMIENTOS DE CINTAS DE LOS HORNOS DE FUSIÓN.....</b>	<b>93</b>
<b>GRAFICO 9 EVOLUTIVO REAL DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTOS DE CINTAS.....</b>	<b>94</b>



<b>TABLA 11: PATRÓN DE CARGA A ESTUDIAR.....</b>	<b>95</b>
<b>TABLA 12: RENDIMIENTO DE CARGA METÁLICA .....</b>	<b>96</b>
<b>TABLA 13 CARACTERISTICAS DE LA CARGA METÁLICA.....</b>	<b>97</b>
<b>TABLA 14 CONSUMO Vs. PATRÓN DE CARGA METÁLICA.....</b>	<b>98</b>
<b>GRAFICO 10 CONSUMO DE CAL .....</b>	<b>99</b>
<b>GRAFICO 11 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....</b>	<b>100</b>
<b>GRAFICO 12 CONSUMO DE ELECTRODO.....</b>	<b>101</b>
<b>GRAFICO 13 CONSUMO DE REFRACTARIO .....</b>	<b>102</b>
<b>GRAFICO 14 PUESTA AL MIL .....</b>	<b>103</b>
<b>TABLA 15 COSTO POR VARIABLE.....</b>	<b>104</b>
<b>GRAFICO 15 COSTO DE CAL.....</b>	<b>105</b>
<b>GRAFICO 16 COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....</b>	<b>106</b>
<b>GRAFICO 17 COSTO DE ELECTRODO.....</b>	<b>107</b>
<b>GRAFICO 18 COSTO DE REFRACTARIO.....</b>	<b>108</b>
<b>TABLA 16 COSTO DEL 20% DEL PATRÓN DE CARGA.....</b>	<b>109</b>
<b>GRAFICO 19 COSTO DEL 20% DEL PATRÓN DE CARGA.....</b>	<b>110</b>
<b>TABLA 18 GENERACIÓN DE ESCORIA.....</b>	<b>111</b>
<b>GRAFICO 20 GENERACIÓN DE ESCORIA.....</b>	<b>112</b>
<b>TABLA 18: COSTO DE INSUMOS Vs. COSTO DE LA CARGA METÁLICA.....</b>	<b>113</b>
<b>GRÁFICO 21: COSTO DE INSUMOS Vs. COSTO DE LA CARGA METÁLICA.....</b>	<b>114</b>



## INTRODUCCIÓN

La variabilidad que ha tenido actualmente en la economía ha producido algunas modificaciones en lo que ya se ha planificado, es decir, se busca adaptar a una nuevos cambios en pro del beneficio, actualmente la devaluación de la moneda venezolana "Convenio Cambiario, implica un estudio en los costos de las actividades que se venían realizando, en consecuencia de esto se tiene que buscar de una u otra forma el mayor beneficio de una actividad económica. Tal como lo dice el economista Schumpeter al igual que Salter "el empresario adoptará siempre un nuevo método de producción capaz de producir un flujo más importante de ingresos futuros por unidad de gastos". La manera de medir y comparar los beneficios y perjuicios de un proceso se puede realizar mediante una evaluación económica, este tratamiento busca reflejar el impacto económico de dos o más materias primas utilizadas en el proceso de producción del acero líquido.

El estudio realizado permitió establecer la diferencia entre consumir chatarra y briquetas, lo cual se ve reflejado en la variación de consumo de las variables fijadas en el proceso como lo son: la cal, electrodo, refractario y energía eléctrica de igual manera los costos de mantenimiento de las principales fallas y la generación de desechos, determinando su impacto ambiental tanto para la chatarra como para las briquetas, lo cual permitió realizar una evaluación económica de los costos de las variables de producción así como al mantenimiento de los materiales y equipos permitiéndonos verificar la factibilidad económica y técnica de la carga metálica para esta producción, y así se dará uso al principio de eficacia económica, ya que cada uno de estos conceptos tienen un mismo fin, el cual es buscar producir a un mínimo costo para solventar otras carencias por medio de comparación de beneficios por los factores de producción, lo que nos permite tomar decisiones útiles para la empresa.



La producción de acero líquido comienza con la preparación del horno, labor que se realiza al inicio de cada colada, a la vez se lleva un proceso aparte que es la preparación de la cesta (con chatarra liviana, chatarra pesada, briquetas), se cargan los materiales en el horno: el contenido de la cesta y HRD, se inicia el proceso de fusión donde se funde la carga suministrada al horno mediante energía eléctrica inducida por electrodos de grafito.

El estudio se llevó a cabo en la acería de planchones, en los hornos de fusión de arco eléctrico, y tendrá como objetivo indicar el consumo para las cargas de cada cesta que a su vez esta compuesta por un 80% HRD y el 20% chatarra, este 20% de chatarra será la carga metálica sometida a la investigación, la cual reflejó lo conveniente que sería añadir e incrementar la presencia de briquetas en la carga metálica; este 20% de carga metálica se estableció de esta manera cuando halla 1% de chatarra el restante se complementa con briqueta, es decir tendrá 19% de briquetas hasta completar el 20%; donde para cada carga se refleje el consumo de: Cal, Refractario, Electrodo, Energía Eléctrica y la puesta al mil.

Este estudio tiene como fin dejar claro lo que es el impacto que se origina con el consumo de chatarra y de briquetas en los hornos de la acería de planchones, lo que ha ocasionando un alto costo para la producción de coladas.

El contenido del presente trabajo destaca los siguientes aspectos:

**CAPÍTULO I:** El planteamiento del problema así como también el alcance de este estudio, la delimitación, las limitaciones y los objetivos que persigue la investigación son puntos que se tocarán en este capítulo.

**CAPÍTULO II:** En este capítulo se describen las generalidades de la empresa, entre otros aspectos.





CAPÍTULO III: Se detallan todos los fundamentos teóricos que se tomaron en cuenta durante la realización de este estudio.

CAPÍTULO IV: En el Marco metodológico, se describe el tipo de investigación realizada, la población y muestra en la cual se basó el estudio, así como también el recurso, materiales y equipos, y por último el procedimiento de cómo se llevó a cabo el estudio.

CAPÍTULO V: Presenta la situación actual del problema a resolver.

CAPÍTULO VI: Este capítulo presenta el análisis y resultado de la investigación.

Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, glosario de términos, anexos y bibliografía.



## CAPITULO I:

### 1.1 EL PROBLEMA

SIDOR C.A, es la siderúrgica más importante de Venezuela y de la región Andina; se dedica a la fabricación de productos de acero, desde pellas hasta productos finales planos (láminas en caliente, láminas en frío, y recubiertos) y largos (barras y alambón) para satisfacer en cantidad, variedad y calidad, las necesidades de los principales sectores de la economía nacional e internacional.

Actualmente el sistema cambiario a nivel de economía causa un sin fin de inquietudes en las empresas, a su vez éstas se ven en la necesidad de evaluar las posibles alternativas para producir a un menor costo, en menor tiempo y a su vez mejorar sus operaciones. El siguiente estudio de optimización del patrón de carga por consumo de Chatarra y Briquetas se realizará en SIDOR C.A, en la acería de Planchones; esta cuenta con cuatro hornos de arco eléctricos, cada uno equipado con paneles refrigerados y agujero de colado inferior excéntrico (EBT); además de tres hornos cuchara para tratamiento metalúrgico secundario. La producción del acero líquido consiste en primer lugar en la preparación del horno, labor que se realiza al inicio de cada colada, continúa con la preparación de la cesta (con chatarra liviana, chatarra pesada, briquetas), después se cargan los materiales en el horno: contenido de la cesta y HRD, por último se inicia el proceso de fusión, el cual consiste en fundir la carga suministrada al horno mediante energía eléctrica inducida por electrodos de grafito.



Una de las materias primas en la preparación de esta cesta es la chatarra, actualmente la empresa cuenta con poco inventario de este material en los patios de planta metálico, debido a los retrasos en los pagos de las contratistas que se encargan de suministrar este material a SIDOR y además de esto se suma el efecto de la devaluación de la moneda así tal cual lo establece el “Convenio Cambiario N° 14, Gaceta Oficial N° 39.342”. Además al ser SIDOR una empresa internacional todos los convenios monetarios son el termino de dólares, provocando así un gran impacto económico en los costos de la empresa, ya que la chatarra no forma parte del conjunto de artículos considerados de primera necesidad; siendo así, su compra debe realizarse con el dólar comercial.

El problema que da origen a la investigación nace en el momento que se deja producir HRD en la planta de MIDREX, la cual es responsable de esta producción y tuvo a mediados del año 2009 un incidente que limitó la producción de este material y para sustituir su fallo se pensó en dos opciones: cargar mayor cantidad de chatarra o sustituir por briquetas.

La mayor ventaja que tiene la chatarra en la producción de acero liquido se debe a que este es un material que fue procesado y formó parte en algún momento de un producto terminado; es decir con menos cantidad de ganga, por lo que hace mas rápido el proceso de fundición en los hornos de la acería; si a su vez se utilizara la briqueta que no es un material totalmente ferroso, el proceso de fundición se alargaría un poco más que la anterior, lo que implica mas consumo de electricidad, de cal, electrodo y refractario; pero su precio de adquisición es mas bajo que el de la chatarra.

Debido al mencionado incremento en el precio de los insumos requeridos para la preparación de la cesta se hace necesario realizar un estudio que permita comparar ambos materiales en su aspecto económico, rendimiento técnico y mantenimiento para así determinar la factibilidad de sustituir la carga de chatarra por carga de briqueta o en su defecto una carga metálica donde participen ambos



materiales ya que este es producto elaborado dentro del país y su valor es menor que el de la chatarra y además es un producto semi terminado; por lo cual requiere de mayor tiempo de proceso y hay que estudiar si ese incremento en proceso de producción, es menos costoso que comprar la chatarra a un alto costo y así evaluar el impacto que se generaría en los consumos de energía, cal, electrodo y refractario así como su impacto en la puesta al mil; por consiguiente predecir el impacto económico que este provocaría, es decir reflejar el costo de producir con chatarra y con briquetas así como también determinar la carga metálica más conveniente.

Evaluar económicamente el consumo tanto de la chatarra como de la briqueta en los hornos de la acería A-200 de la siderúrgica del Orinoco Alfredo Maneiro, es necesario para minimizar los costos, ya que en toda empresa lo que se busca es la maximización de beneficios (disminución de recurso eléctrico que genera un alto costo) y mejoras en las actividades operativas; este estudio permite que la gerencia pueda tener una mejor visión para programar su presupuesto anual.

Este estudio es importante debido a que permite visualizar el costo para una determinada carga metálica, ya que existe una diferencia en los costos de las dos materias primas nombradas, siendo la chatarra más costosa que la briqueta, por esto se requiere saber las ventajas o desventajas del uso de cada una, para así determinar hasta qué punto es aprovechable esta diferencia de estos precios.

El presente trabajo está basado en la realización de un estudio de optimización de consumo de chatarra y briquetas el cual será aplicado a los hornos de fusión por arco eléctrico de la acería de planchones, su estudio será dirigido a nivel de costo como lo es el caso de los costos de las variables planteadas a estudiar el proceso, de manera más específica en la cal, electrodos y refractarios así como también en el consumo de energía eléctrica y de los costos de mantenimiento, también se dará un enfoque técnico breve en lo que se refiere a las demoras y el



estudio de la puesta al mil para cada patrón de carga, así como los consumos de cada una de estas variables.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo General

Optimizar el patrón de carga metálica en los hornos de fusión de arco eléctrico de la acería de planchones (SIDOR).

#### 1.2.1.1 Objetivos Específicos

- Estudiar la relación de la carga metálica con el consumo de cal, electrodo, energía eléctrica y refractario, mediante datos reales de producción.
- Estudiar el comportamiento de la carga metálica para la puesta al mil, mediante datos reales de producción.
- Estudiar el comportamiento de la carga metálica en demoras, fallas técnicas, generación de escoria y finos, mediante datos reales de producción.
- Señalar los costos de mantenimientos de las fallas inherentes al consumo de briquetas, mediante datos reales de producción.
- Analizar el rendimiento de la chatarra y de la briqueta.
- Estudiar el consumo de las variables que intervienen en el proceso (electrodo, electricidad, refractario y cal) y analizando la puesta al mil para cada carga metálica, mediante modelos matemáticos de consumo elaborados por la empresa.
- Estudiar los costos de las variables que intervienen en el proceso (electrodo, electricidad, refractario y cal) y a su vez el costo para cada patrón de carga determinado.



- Determinar el impacto económico para el consumo de la chatarra y de la briqueta por cada colada.
- Analizar la generación de escoria por cada patrón de carga, mediante programa interno de la empresa.
- Determinar el patrón de carga metálico más favorable para la empresa.



## CAPÍTULO II

### GENERALIDADES DE LA EMPRESA

#### 2.1 UBICACIÓN DE LA EMPRESA

La Siderúrgica del Orinoco (SIDOR), está situada en el Estado Bolívar, dentro del perímetro urbano de Ciudad Guayana en la Zona Industrial de Matanzas, sobre el margen Sur del río Orinoco específicamente a 17 Km. de su confluencia con el río Caroní y a 300 Km. de la desembocadura del Orinoco en el Océano Atlántico. (Ver figura 1).



**Figura 1:** Imagen que contiene Ubicación Geográfica de SIDOR.

**Fuente:** INTRANET SIDOR.



Su ubicación responde principalmente a razones económicas y geográficas, que le permite conectarse con el resto del País por vía terrestre, y por vía fluvial – marítima con el resto del mundo. Además se abastece de la energía eléctrica generada en la zona por las represas Gurí y Macagua, ubicadas sobre el río Caroní, así como del gas natural proveniente de los campos petroleros en la región oriental. Anexando a todas estas ventajas la cercanía con los cerros Bolívar y Pao en los que se encuentra el mineral de hierro.

## 2.2 RESEÑA HISTÓRICA

A continuación en la tabla 1, se presenta un breve resumen de los sucesos históricos más importantes de SIDOR C.A:

**Tabla 1**  
Resumen histórico de SIDOR

<b>Año</b>	<b>SUCESO</b>
<b>1955-57</b>	El gobierno venezolano suscribe un contrato con la firma Innocenti (Italia) para la construir una siderúrgica con capacidad de producir de 560.000 TN. de acero. Se inicia la construcción de la Planta Siderúrgica en Matanzas, Ciudad Guayana.
<b>1958</b>	Se crea el Instituto Venezolano del Hierro y el Acero
<b>1960</b>	Se crea la CVG y se le asignan funciones al Instituto Venezolano del hierro y acero.
<b>1962</b>	El 9 de julio se realiza la primera colada de acero, en el horno N° 1 de la Acería Siemens-Martin
<b>1964</b>	Se crea la empresa estatal CVG Siderúrgica del Orinoco, a la cual se le confía la operación de la planta existente.
<b>1962- 1972</b>	Construcción de la planta de tubos centrífugos (Plan II) y productos planos (Plan III).
<b>1978</b>	Se inaugura el Plan IV.
<b>1989</b>	Se aplica un proceso de reconversión, el cual trajo el cierre de





	los hornos Siemens-Martin y laminadores convencionales.
<b>1995</b>	Entra en vigencia la Ley de Privatización en Venezuela
<b>1997</b>	El gobierno venezolano privatiza SIDOR, después de cumplir un proceso de licitación pública ganado por el Consorcio Amazonia.
<b>2000</b>	La Acería de Planchones logra una producción superior a 2.400.000 de t., superando su capacidad de diseño.
<b>2002</b>	Récord histórico de exportaciones: 2,3 millones de toneladas
<b>2008</b>	El 1 de mayo se firma el decreto de nacionalización de SIDOR. Hasta la fecha, la empresa aun se encuentra en el proceso de transición para pasar de las manos del Grupo Techint, a las manos del Estado venezolano.

**Fuente:** INTRANET SIDOR.

**Nota:** SIDOR C.A anteriormente formaba parte de Ternium (Unión de tres siderúrgicas: Sidor, Hylsa y Siderar). Sin embargo, debido al proceso de Nacionalización recientemente decretado por el Estado venezolano (1 de mayo de 2008), la nueva estructura organizativa de la empresa, así como su composición accionaria se encuentran todavía en etapa de reestructuración.

### 2.3 VISIÓN

Ser la empresa socialista siderúrgica del Estado venezolano, que prioriza el desarrollo del Mercado nacional con miras a los mercados del ALBA, andino, caribeño y del MERCOSUR, para la fabricación de productos de acero con alto valor agregado, alineada con los objetivos estratégicos de la Nación, a los fines de alcanzar la soberanía productiva y el desarrollo sustentable del país.



## 2.4 MISIÓN

Comercializar y fabricar productos de acero con altos niveles de productividad, calidad y sustentabilidad, abasteciendo prioritariamente al sector transformador nacional como base del desarrollo endógeno, con eficiencia productiva y talento humano altamente calificado, comprometido en la utilización racional de los recursos naturales disponibles; para generar desarrollo social y bienestar a los trabajadores, a los clientes y a la Nación.

## 2.5 POLÍTICAS

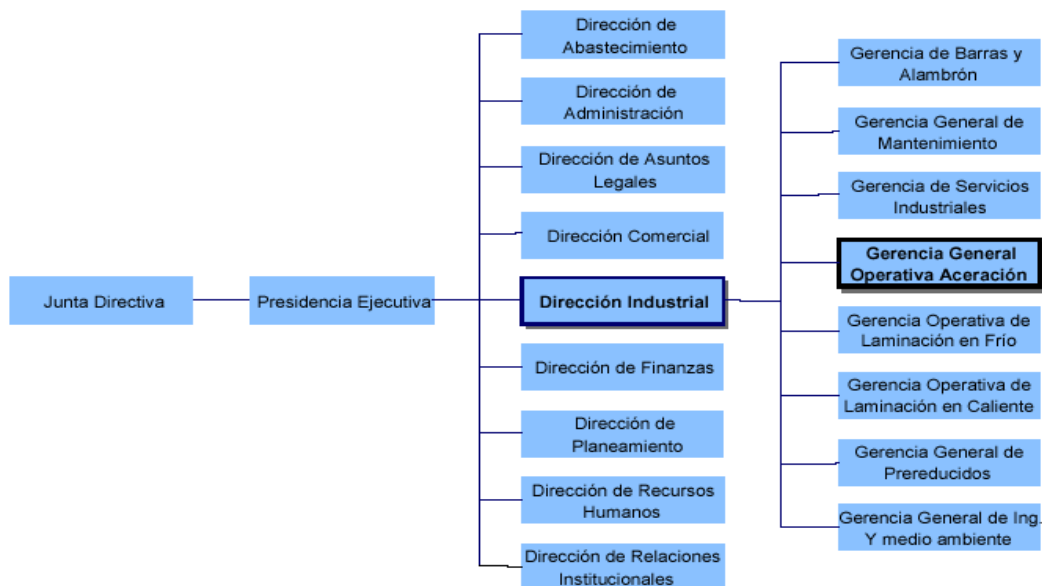
- Aumento de la productividad mediante una mayor participación de los trabajadores y trabajadoras en la gestión de la empresa; adopción de normas de calidad; utilización óptima de los recursos disponibles y desarrollo de nuevos productos de acero que generen ventajas competitivas.
- Direccionalidad de las inversiones hacia el incremento de la productividad, en un ambiente seguro.
- Política de comercialización que considere, a futuro, contratos a largo plazo con empresas nacionales y extranjeras; para consolidar el posicionamiento del producto Sidor en el Mercado nacional e internacional, asegurándole a los clientes el suministro de acero oportuno y confiable en el tiempo.
- Fortalecimiento y promoción del sector transformador nacional como base de la agregación de valor para el desarrollo endógeno; así como el mejoramiento de la red de distribución y comercialización del acero.
- Creación y fortalecimiento de mecanismos institucionales que privilegien la participación popular, impulsando la creación y el desarrollo de pequeñas empresas y redes de economía social.



- Incentivo del modelo de producción y consumo ambiental sustentable, con énfasis en la reducción del impacto ambiental y cumplimientos de las normativas ambientales.
- Formación técnico-político-ideológica para el impulso del Nuevo modelo de relaciones socio-productivas en el marco de una visión socialista; así como el conocimiento y capacitación dentro de la industria del acero y de materiales, ampliando la infraestructura tecnológica de los centros de investigación como instrumentos de desarrollo de la industria nacional.

## 2.6 ORGANIGRAMA GENERAL DE LA EMPRESA.

El organigrama actual de la empresa busca lograr la mayor eficiencia y eficacia en la obtención de los resultados, tendiendo siempre al trabajo en equipo y a las interrelaciones que siguen direcciones matriciales. (Ver figura 2).



**Figura 2:** Organigrama de la empresa.

**Fuente:** INTRANET SIDOR.

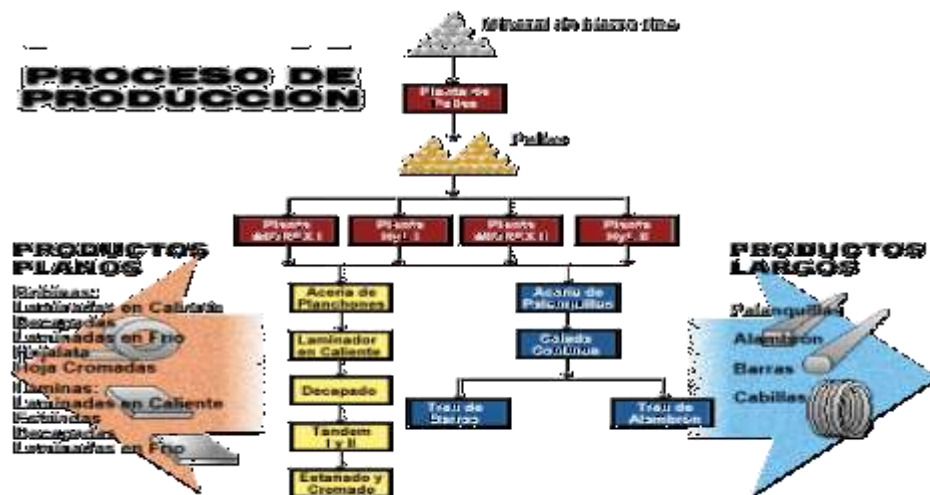


## 2.7 PROCESO GENERAL

Para convertir el mineral de hierro en productos semielaborados o elaborados de acero, SIDOR desarrolla dos grandes procesos. Los Primarios, que tienen como finalidad, darle al mineral las características que lo convertirán en acero de buena calidad, y los Procesos de Fabricación, cuyo objetivo es darle al acero las dimensiones y formas físicas requeridas. Este se separa en los dos siguientes grandes procesos:

- ❖ Proceso Primario: Sistema de reducción.

Procesos de Fabricación: Sistema de productos planos, sistema de productos largos. (Ver figura 3).



**Figura 3:** Imagen que muestra el Proceso general de producción.

Fuente: INTRANET SIDOR.

La capacidad instalada de producción de las principales áreas de producción de SIDOR son las siguientes: Pellas 6.4 MM t/año; Pre-reducidos 2.1 MM t/año; AE Planchones 2.4 MM t/año; AE Palanquillas 1.2 MM t/año; y LAC 2.6 MM t/año.



### 2.7.1 SISTEMA DE REDUCCIÓN

Para poder transformar el mineral de hierro en producto terminado, SIDOR dispone de las siguientes plantas: Planta de Pellas, Planta de Reducción Directa (H y L I, H y L II, Midrex I y Midrex II), Acería Eléctrica de Planchones, Acería Eléctrica de Palanquillas, Tren de laminación en caliente y en frío, Tren de Barras y Alambrón.

#### 1) Peletización

La Planta de Peletización, llamada Planta de Pellas, fabrica pellas quemadas que son aglomerados de hierro de forma esférica y granulometría determinada, que son mezclados y sometidos a un proceso de piroconsolidación (endurecimiento). Estas pellas se utilizan en los procesos de reducción. Su capacidad nominal es de 7 millones de toneladas por año. (Ver figura 4).



**Figura 4:** Imagen que muestra la Máquina peletizadora instalada en SIDOR  
**Fuente:** INTRANET SIDOR.



## 2) La Planta de Reducción Directa.

### A. Plantas de reducción directa MIDREX

SIDOR cuenta con dos plantas para la reducción del hierro con tecnología Alemana, denominadas MIDREX I y MIDREX II. Posteriormente el proceso MIDREX fue intervenido con tecnología desarrollada en SIDOR conocida como AREX-SBD. En este proceso de Reducción directa Midrex, se convierte al mineral de hierro (en forma de pellas), esto se logra a partir de la desoxigenación, al utilizar gas como agente reductor.

### B. Plantas de reducción directa H y L III

Esta planta actualmente está en plena construcción, pero hace algún tiempo existió H y L I y H y L II.



### 2.7.2 SISTEMA DE PRODUCTOS PLANOS

Consta de una Acería de Planchones, un Proceso de Laminación en Caliente y un Proceso de Laminación en Frío. (Ver figura 5).

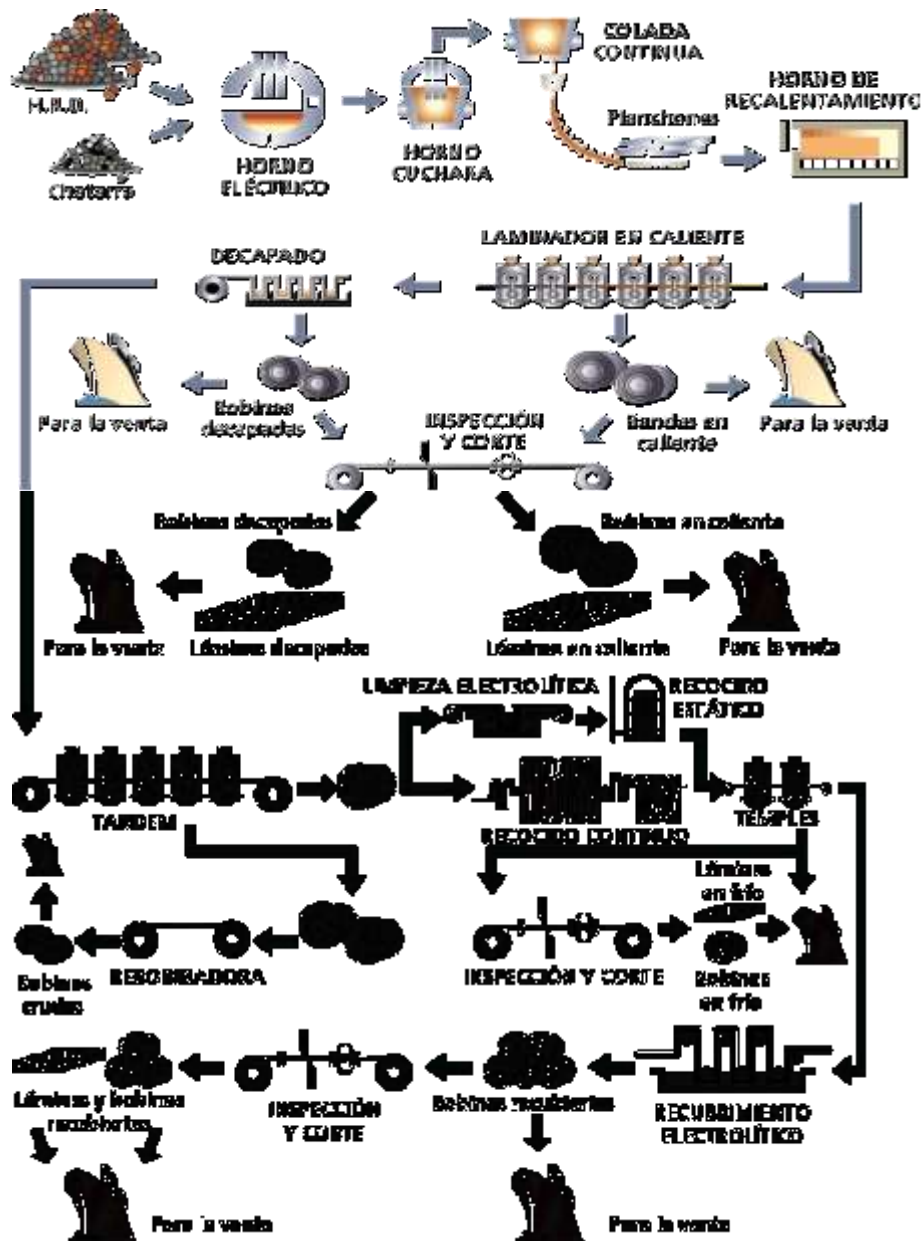


Figura 5: Imagen que señala el Sistemas de Productos Planos.

Fuente: INTRANET SIDOR.



### 2.7.2.1 Acería de Planchones

Esta planta cuenta con cinco hornos eléctricos de arco de 200 t, cada uno equipado con paneles refrigerados y hueco de colado inferior excéntrico; además de tres hornos cuchara para tratamiento metalúrgico secundario. (Ver Tabla 2).

**Tabla 2**  
Características de la Acería de Planchones.

Instalación	Equipos	Capacidad	Producto
Zona de Fusión	5 HEA de 200 t c/u	2,75 MM t/a	Acero Líquido
Zona de Metalurgia Secundaria	3 LF de 200 t c/u		Acero Líquido
Zona de Solidificación	3 máquinas de colada continua con 2 líneas cada una		Planchones

Fuente: INTRANET SIDOR.

La producción del acero líquido consiste como primer paso en la preparación del horno, labor que se realiza después de cada colada, continúa con la preparación de la cesta (con chatarra liviana, chatarra pesada, briquetas), se cargan los materiales en el horno: cesta y HRD, se inicia el proceso de fusión el cual consiste en fundir la carga suministrada al horno mediante energía eléctrica inducida por electrodos de grafito, luego se pasa a una etapa de afinación del acero a fin de obtener las especificaciones fisicoquímicas deseadas, se procede a retirar la escoria del horno y se vierte el acero en la máquina de colada continua para la obtención de planchones, pasando por una etapa de extracción y enderezamiento





de los planchones por medio de rodillos extractores, luego son cortados mediante una maquina de oxicorte según el largo requerido y se introducen en la cámara de enfriamiento para producir un enfriamiento forzado.

El proceso de acondicionado de planchones tiene como objetivo preparar los planchones para su despacho, para ello el planchón debe pasar por una inspección, corte de rebabas, corte de punta y cola si se trata de inicio o fin de secuencialidad, identificación, almacén y se envían al laminador en caliente vía ferroviaria.

#### 2.7.2.2 Laminación en Caliente

El tren de laminación en caliente se encarga del conformado termo-mecánico de material a temperaturas y velocidades de laminación diversas, para la fabricación de bandas en caliente. Está diseñado para producir 2,1 millones de toneladas anuales de productos planos: bobinas y láminas en caliente. (Ver figura 6).



**Figura 6:** Imagen que muestra el Laminador semi continuo en caliente.  
**Fuente:** INTRANET SIDOR.

Las líneas de Corte y Tajado se encargan del corte de las bobinas laminadas en caliente, para convertirlas en láminas rectangulares, bobinas tajadas y flejes. Estos productos son utilizados por la industria metalmecánica y de transformación,



para la fabricación de chasis y plataformas de vehículos pesados, tubos y perfiles soldados, entre otros.

Las líneas de Decapado Continuo eliminan el óxido superficial formado durante el proceso de laminado en caliente. Las bobinas decapadas se utilizan como materia prima para los laminadores en frío (Tándem), así como para su venta directa para ser utilizadas por la industria metalmecánica. La capacidad instalada de estas líneas es para DC I 780.000 t / año, y para DC II 1.100.000 t / año.

### 2.7.2.3 Laminación en Frío

Las bobinas de acero laminadas en caliente son laminadas en frío por un proceso semi-continuo, tras haber pasado por las líneas de decapado continuo. El producto es utilizado por industrias de transformación que requieren material de poco espesor para la fabricación de muebles de oficina, láminas para techos, carrocerías y artefactos Este proceso constituye también una etapa intermedia en la producción de acero laminado en frío, hojalata y hoja cromada. (Ver figura 7).



**Figura 7:** La imagen muestra el área de Laminación en Frío.

**Fuente:** INTRANET SIDOR.



#### 2.7.2.4 Laminador en Frío TANDEM

Las líneas de TANDEM se encargan del conformado mecánico en frío de bobinas en caliente. La capacidad instalada de estas líneas es para TA I 1.000.000 t / año, y para TA II 450.000 t / año.

### 2.7.3 INSTALACIONES AUXILIARES

#### 2.7.3.1 Muelle

El muelle de la Siderúrgica del Orinoco está situado en la zona de Matanzas, en la margen derecha del río Orinoco, exactamente al norte del área que ocupan las instalaciones de la empresa. Está conectado a tierra por carreteras y vías de ferrocarril, que lleguen por vía fluvial. Está dotado de 11 grúas (cap 25 t) y 10 naves de 3000 m<sup>2</sup> c/u; estos equipos permiten despachar y recibir materiales para la industria siderúrgica y puede prestar servicios a otras industrias de la zona. (Ver figura 8).



**Figura 8:** La imagen muestra una Grúa del muelle SIDOR

**Fuente:** INTRANET SIDOR.



### 2.7.3.2 Planta de cal viva

La Planta de Cal tiene como objeto abastecer de cal viva las instalaciones siguientes: Acerías, Planta de Cal Hidratada y la Planta de Tratamiento de Agua, e incluso vender a otras empresas de la zona que la requieren.

### 2.7.3.3 Planta de cal hidratada

Su función es procesar la cal viva para obtener cal hidratada que se utiliza en la Planta de Pellas como aglomerante en la producción de pellas.

La cal viva almacenada en los camiones cisternas es conducida automáticamente al silo mediante un dispositivo de descarga. Existen dos (2) tornillos sin fin, cuya función es alimentar las máquinas apagadoras. Cada máquina apagadora trabaja con tres cámaras superpuestas; en la primera se dosifican los componentes, cal viva y agua para el apagado, en la segunda se efectúa el proceso de apagado, en la tercera cámara la cal hidratada es disgregada por medio de palas agitadoras. Cada máquina apagadora lleva acoplado un molino de finos en el cual se disgrega la cal hidratada. De los molinos, la cal hidratada es conducida a los silos.

### 2.7.3.4 Planta de Metálico

Su función es recolectar, recibir, preparar y suministrar chatarra a las distintas áreas consumidoras en SIDOR.

## 2.8 DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS SIDOR

### 2.8.1 PRODUCTOS PRIMARIOS

- Pellas

Aglomerado de finos de mineral de hierro, de forma aproximadamente esférica y granulometría determinada, obtenida con el agregado de elementos aglomerantes,



sometidos al final a procesos de endurecimiento (piroconsolidación). Se emplea en los procesos de reducción directa para la obtención de hierro primario. La capacidad instalada en SIDOR para producir pellas es de 6.6 millones de toneladas métricas anuales.

- Hierro de Reducción Directa (HRD)

Producto poroso, obtenido de la reducción directa de las pellas, que por su grado de metalización es adecuado para emplearse, como un sustituto parcial o total de la chatarra, directamente en los procesos de aceración. Su uso esta destinado a las acerías eléctricas como parte principal de la carga. Para elaborar este producto SIDOR cuenta con una capacidad instalada de 4.2 millones de toneladas métricas anuales.

- Cal Viva

Producto de la calcinación, a elevadas temperaturas de la caliza, cuyo componente principal es el óxido de calcio, y se utiliza en la siderurgia como aglutinante en la planta de pellas y como fundente en las acería. También en el tratamiento de aguas negras para remoción de fósforo y nitrógeno, fabricación de refractarios, fábrica de vidrios, plástico, pintura y otros. La capacidad instalada de SIDOR para fabricar este producto es de 500 mil toneladas métricas anuales.

- Cal Hidratada

Producto derivado de la hidratación de la cal viva, cuyo compuesto principal es el hidróxido de calcio; se utiliza en la siderurgia como aglomerante en la elaboración de pellas y en el tratamiento de aguas industriales. SIDOR cuenta con una planta de cal hidratada que tiene una capacidad instalada de 220.000 toneladas métricas anuales.



## 2.8.2 PRODUCTOS PLANO

- Planchón

Producto semi-terminado de acero, de sección rectangular, con espesores de 175 y 200 mm, ancho de 949 a 2000 mm. y longitudes desde 5.000 hasta 12.500 mm. Se obtiene por colada continua y es el insumo principal para la fabricación de productos planos. Para producir planchones, SIDOR cuenta con tres máquinas de colada continua con una capacidad instalada de 2.75 millones de toneladas al año.

- Bobina Decapada

Producto Plano de acero, que se suministra en rollos. Se obtiene a partir de Banda Laminada en Caliente, a la cual se le elimina el óxido en la superficie, a través de un proceso químico con ácido clorhídrico. El máximo espesor es de 5,5 mm.

- Lámina en Caliente

Producto plano de acero, que se obtiene por el corte de bandas y bobinas a la longitud requerida. Sus espesores oscilan entre 2 y 9,5 mm, sus anchos de 600 hasta 1.250 mm y el largo entre 1.200 y 6.000 mm. Se utiliza en la Industria Metalmeccánica en general, principalmente en la fabricación de recipientes a presión y piezas automotrices.

- Bobina Cruda

Producto Plano de acero, que suministra en rollos. Se obtiene a partir de Bobina Decapada, la cual se procesa en los laminadores en frío (Tandem), y que es comercializado sin ser pasadas por las líneas de recocido.

- Bobina Y Lámina En Frío

Son productos planos de acero, que se obtienen por laminación en frío de bobinas en caliente decapadas. Sus espesores oscilan entre 0,20 y 2,00 mm.; su ancho entre 600 y 1.220 mm. y tienen longitudes (en el caso de las láminas) que van



desde 1.000 hasta 3.600 mm. Se utilizan en la fabricación de láminas para techos, perfiles soldados, equipos de oficina, envases no recubiertos, entre otros.

- Láminas Recubiertas

Son productos laminados en frío, recubiertos de estaño (hojalata) o de cromo (hoja cromada). Sus espesores están entre 0,20 hasta 0,40 mm y sus anchos entre 600 hasta 950 mm. y tienen longitudes (en el caso de las láminas) entre 506 y 1.000 mm. Estos productos se utilizan fundamentalmente en la fabricación de envases para alimentos, bebidas y aerosoles, tapas de botellas, entre otros.

### 2.8.3 PRODUCTOS LARGOS.

- Palanquillas

Producto semi-terminado, de acero, cuya sección transversal es menor o igual a 16.900 milímetros cuadrados. Se obtiene por colada continua y se utiliza principalmente para fabricar barras, cabillas, alambrón, y en la Industria Metalmeccánica. Para producir palanquillas, SIDOR cuenta con tres máquinas de colada continua, con una capacidad de 1,1 millones de toneladas métricas anuales.

- Cabillas

Barra de acero de sección circular, con superficie lisa o estriada, que se obtiene por laminación en caliente de palanquillas. Se utiliza fundamentalmente como refuerzo en las construcciones de concreto armado.

- Alambrón

Producto de sección circular, presentado en rollos; que se obtiene por laminación en caliente de palanquillas. Se usa principalmente para fabricar alambre y mallas electro soldadas.



- Barras

Producto de acero de sección uniforme, obtenido por laminación en caliente de palanquillas. Actualmente, SIDOR sólo fabrica barras de sección circular. Se utiliza en la fabricación de ejes calibrados, piezas forjadas, elementos estructurales, utensilios agrícolas y otros.





## CAPÍTULO III

### SUSTENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1 DEFINICIÓN DE COSTOS

- Según “Jimenez Boulanger, Francisco Javier y Carlos Luis Espinoza Gutierrez”, autores del libro de costos industriales, dicen que el costo es convencionalmente utilizado como la base de la contabilidad. Cuando los activos son adquiridos bajo circunstancias normales, son registrados de acuerdo con el precio que se convino. En otras palabras, el costo de un activo es el precio que debe pagarse ahora o más tarde para obtener dicho activo.
- Según “Charles Horn, Srkant Patar, George Foster y Pearson Prentice Hall” autores del libro de contabilidad de costos definen costo como un recurso sacrificado o perdido para alcanzar un objetivo específico. Un costo se mide por lo general como la cantidad monetaria que debe pagarse para adquirir bienes y servicios.
- “Ralph, Frank y Arthur” autores del libro de contabilidad de costos definen el costo como como el valor sacrificado para conseguir bienes y servicios, que se mide en dolares mediante la reducción de activos o al incurrir en pasivos en el momento en que se obtienen los beneficios.



## 3.2 CLASIFICACIÓN DE LOS COSTOS

Existen varias clasificaciones de costos según el concepto por el cual los analicemos. Las más utilizadas son las siguientes:

1) Según el agrupamiento funcional de los costos, considerando las diferentes áreas de la actividad:

- a- Costos de adquisición.
- b- Costos de producción (incluye los costos de producción propiamente dichos y los de prestación de servicios).
- c- Costos de comercialización.
- d- Costos de administración.
- e- Costos de dirección.
- f- Costos de financiación.
- g- Costos de prestación de servicios.
- h- Costos de investigación y desarrollo.

2) Según la identificación con la unidad de costeo:

a) Costos directos

Son aquellos cuya relación con una unidad de costeo, por su naturaleza o funcionalidad, es clara e inequívoca, lo que permite su imputación a aquella en forma precisa con prescindencia de su comportamiento frente a cambios en los volúmenes de producción, previstos o reales.

b) Costos indirectos

Son aquellos que no pueden relacionarse o identificarse con una unidad de costeo, por su naturaleza o funcionalidad, en forma clara e inequívoca, lo que impide su imputación a aquella en forma inmediata o precisa, con prescindencia



de su comportamiento ante cambios en los volúmenes de producción, previstos o reales.

Lo que define el carácter directo o indirecto de un costo es la elección de la unidad de costeo, por lo tanto, un costo por su naturaleza puede ser directo respecto a una unidad de costeo e indirecto respecto a otra. Si elegimos el producto como unidad de costeo, podemos decir que la materia prima es un costo directo y, los sueldos correspondientes a la supervisión de tareas en el caso de producirse más de un producto serían indirectos.

Unidad de costeo: aquella en la cual se procura acumular costos, puede ser:

1- ) Física: referida al resultado de un proceso o de un segmento del mismo (en tanto ocupe un lugar en el espacio). Ejemplo: Corte de prenda, Confección.

2- ) Abstracta: referida a una función, a un segmento de ella o, al resultado de un proceso productivo cuando éste no es una cosa. Ejemplo: función mantenimiento de los equipos productivo o, función almacenamiento de materias primas y productos terminados.

3) Según el comportamiento ante cambios en los volúmenes de producción

a) Costos variables

Son aquellos que en su cuantía total varían frente a cambios en el volumen de producción, siguiendo el mismo sentido de dichos cambios, a mayor producción mayor costo. Un ejemplo claro es el caso de la materia prima.

b) Costos fijos

Son aquellos que en su cuantía total permanecen constantes ante variaciones en el nivel de producción, por las características de los factores productivos que los generan o bien por razones de decisión o planeamiento. En el mediano plazo, los costos fijos se van convirtiendo en variables hasta que en el largo plazo ya no existen costos fijos porque todos los factores de producción son variables.



Se pueden diferenciar dos tipos de costos fijos, cuya constancia o rigidez en el tiempo es distinta:

c) Costos Fijos de capacidad o estructurales:

Representan la remuneración de aquellos factores productivos que condicionan o determinan la capacidad del ente de producción con prescindencia de su uso, previsto o real, y que permanecerán sin variación en tanto no se modifique, la capacidad de producción. Necesariamente sus modificaciones requerirán de una decisión de inversión o desinversión.

Ejemplos: depreciación de la planta, de los equipos, de las instalaciones, los seguros, las tasas de alumbrado, barrido y limpieza, de servicio de agua corriente no medido, etc. Puede observarse que el volumen de operaciones puede variar desde cero hasta el máximo de uso total de la capacidad productiva, sin que ninguno de estos conceptos se altere.

d) Costos Fijos de operación u operativos:

Son consecuencia de una decisión de uso de la capacidad de producción de la empresa, y se mantendrán constantes mientras no se modifique aquella decisión. Se producen solamente cuando la planta opera.

Ejemplos: corresponden a esta categoría las retribuciones fijas, supervisores, dotación de personal obrero, de limpieza, y de vigilancia, cargas sociales, etc.

### 3.3 ESTUDIO DE COSTO

Es una de las etapas centrales de la evaluación de proyectos por el impacto que estos tiene sobre la rentabilidad del proyecto en conjunto y por la diversidad de los mismos. Para poder calcular los egresos se deberá estimar una situación futura incierta, sobre hipótesis de niveles de ventas, precios de materias primas y otros insumos, valor de mano de obra, y muchos otros rubros, etc. El estudio de costo y efectividad resulta ser una herramienta sumamente útil si queremos evaluar la capacitación. Por lo tanto, es necesario saber cómo hacer un estudio de costo y



efectividad de la capacitación, para justificar el esfuerzo de capacitación desde una perspectiva económica, y también para evaluar su efecto económico para la organización.

Los análisis de costos también se pueden adaptar para examinar cuestiones de menor importancia, entre ellas la comparación de diferentes servicios en un programa o empresa. Los estudios de costos deben considerar todos los recursos en cuestión, especialmente el uso de personal. Algunos costos son relativamente fáciles de evaluar, por ejemplo el costo de los suministros. Sin embargo, para determinar los costos del tiempo que necesita el personal para prestar cierto servicio tendrían que hacerse investigaciones en el lugar.

### 3.4 DEFINICIÓN DE EFICIENCIA

#### Aplicada a la Administración:

- Según Idalberto Chiavenato, **eficiencia** "significa utilización correcta de los recursos (medios de producción) disponibles. Puede definirse mediante la ecuación  $E=P/R$ , donde P son los productos resultantes y R los recursos utilizados".
- Para Koontz y Wehrich, la **eficiencia** es "el logro de las metas con la menor cantidad de recursos".
- Según Robbins y Coulter, la **eficiencia** consiste en "obtener los mayores resultados con la mínima inversión".
- Para Reinaldo O. Da Silva, la **eficiencia** significa "operar de modo que los recursos sean utilizados de forma más adecuada".



### Aplicada a la Economía:

- Según Samuelson y Nordhaus, **eficiencia** "significa utilización de los recursos de la sociedad de la manera más eficaz posible para satisfacer las necesidades y los deseos de los individuos".
- Para Gregory Mankiw, la **eficiencia** es la "propiedad según la cual la sociedad aprovecha de la mejor manera posible sus recursos escasos".
- Simón Andrade, define la **eficiencia** de la siguiente manera: "expresión que se emplea para medir la capacidad o cualidad de actuación de un sistema o sujeto económico, para lograr el cumplimiento de objetivos determinados, minimizando el empleo de recursos".

### 3.5 DEFINICIÓN DE EFICACIA

- Según Idalberto Chiavenato, la **eficacia** "es una medida del logro de resultados".
- Para Koontz y Weihrich, la **eficacia** es "el cumplimiento de objetivos".
- Según Robbins y Coulter, **eficacia** se define como "hacer las cosas correctas", es decir; las actividades de trabajo con las que la organización alcanza sus objetivos.
- Para Reinaldo O. Da Silva, la **eficacia** "está relacionada con el logro de los objetivos/resultados propuestos, es decir con la realización de actividades que permitan alcanzar las metas establecidas. La eficacia es la medida en que alcanzamos el objetivo o resultado".
- Simón Andrade, define la eficacia de la siguiente manera: "actuación para cumplir los objetivos previstos. Es la manifestación administrativa de la eficiencia, por lo cual también se conoce como eficiencia directiva".



### 3.6 PRODUCTIVIDAD

Según “Humberto Gutiérrez Púlido”, autor del libro calidad total y productividad; define la productividad como trabajar más y de manera más rápida, la productividad tiene que ver con los resultados que se obtiene en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejorar los resultados considerando los recursos empleados para generarlos.

### 3.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Es aquella que identifica los meritos propios del proyecto, independientemente de la manera como se obtengan y se paguen los recursos financieros que necesite y del modo como se distribuyan los excedentes o utilidades que genera. Los costos y beneficios constituyen el flujo económico.

### 3.8 PRINCIPIO DE EFICACIA ECONÓMICA.

Un empresario tratará siempre de combinar los factores de producción en aquella forma que le permita producir con el máximo de eficacia económica. La combinación más eficaz de los factores de producción será siempre aquella que le permita producir al más bajo costa posible por unidad.

Existen dos situaciones bajo las cuales el empresario tiene necesariamente que desenvolverse teniendo en mente este concepto de eficacia económica:

- Cuando el empresario varía uno de los factores de producción (mientras mantiene fijas los demás) para lograr el nivel de producción que más le convenga.
- Cuando, estando obligado a un monto fijo en la producción varía todos los factores para lograr ese determinado nivel de producción.



En el primer caso, el nivel de producción de máxima eficacia se conoce como el nivel de producción óptima.

En el segundo caso la combinación más eficaz de los factores se conoce como la combinación de costo mínimo.

### 3.9 DEVALUACIÓN

“Maza Zabala” en su libro de tratado moderno de la economía, dice que la devaluación es aquella que permite que los exportadores reciban mayores ingresos en monedas, sin alteración de los precios internacionales de sus productos.

### 3.10 INFLACIÓN

✓ “Franklin López y Antonio Martínez” autores del libro Economía al alcance de todos, definen la inflación como el aumento continuo, persistente y generalizado de precios.

✓ Francisco Mochón” autor del libro Economía: Teoría y Política; define la inflación como el crecimiento generalizado y continuo de los precios de los bienes y servicios de una economía en crecimiento medido y observado mediante la evolución de algún índice de precio.

✓ Según “jose pochoal rasseti” en su libro de introducción a la Economía; define la inflación como la depreciación del valor de la moneda (o la reducción del poder adquisitivo de la moneda).

### 3.11 REDUCCIÓN DE COSTO

Su objetivo es la disminución de los costos indirectos de la producción. Esta hecha con el fin de medir la eficiencia y eficacia del uso de factores de producción. Los





costos indirectos están ligados al volumen o a la actividad horas-hombre, horas maquina, dólares- material).

El problema radica en castigar con un mayor costo fijo a los productos de menos complejidad de fabricación y hacer todo lo contrario con los productos de menos volumen y especiales a la vez.

### 3.12 PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.

Es la función de la dirección de la empresa que sistematiza por anticipado los factores de mano de obra, materias primas, maquinaria y equipo, para realizar la fabricación que esté determinada por anticipado, determinar los límites y niveles que deben mantener las operaciones de la industria en el futuro con relación a:

- Utilidades que deseen lograr.
- Demanda del mercado.
- Capacidad y facilidades de la planta.
- Puestos laborales que se crean.

Es la actividad de decidir acerca de los medios que la empresa industrial necesitará para sus futuras operaciones manufactureras y para distribuir esos medios de tal suerte que se fabrique el producto deseado en las cantidades, al menor costo posible. Un plan de producción adecuado, es una proyección del nivel de producción requerido para una provisión de producción específica, pero no constituye un compromiso que obligue a que los artículos individuales, sean elaborados dentro del plan mencionado.

El plan de producción, crea el marco dentro del cual, funcionarán las técnicas de control de inventario y fijará el monto de pedidos que deben hacerse para alimentar la planta. Un plan de producción, permite cotejar con regularidad el reforzamiento del inventario, contra los niveles predeterminados; pudiendo así,



decidir a tiempo por una acción correctiva, si dichos niveles son demasiado altos o demasiado bajos.

### 3.13 PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.

Actividad que consiste en la fijación de planes y horarios de la producción, de acuerdo a la prioridad de la operación por realizar, determinado así su inicio y fin, para lograr el nivel más eficiente. La función principal de la programación de la producción consiste en lograr un movimiento uniforme y rítmico de los productos a través de las etapas de producción.

Se inicia con la especificación de lo que debe hacerse, en función de la planeación de la producción. Incluye la carga de los productos a los centros de producción y el despacho de instrucciones pertinentes a la operación.

El programa de producción es afectado por:

- **Materiales:** Para cumplir con las fechas comprometidas para su entrega.
- **Capacidad del personal:** Para mantener bajos costos al utilizarlo eficazmente, en ocasiones afecta la fecha de entrega.
- **Capacidad de producción de la maquinaria:** Para tener una utilización adecuada de ellas, deben observarse las condiciones ambientales, especificaciones, calidad y cantidad de los materiales, la experiencia y capacidad de las operaciones en aquellas.
- **Sistemas de producción:** Realizar un estudio y seleccionar el más adecuado, acorde con las necesidades de la empresa.

La función de la programación de producción tiene como finalidad la siguiente:

- Prever las pérdidas de tiempo o las sobrecargas entre los centros de producción.
- Mantener ocupada la mano de obra disponible.
- Cumplir con los plazos de entrega establecidos.



Existen diversos medios de programación de la producción, entre los que destacan los siguientes:

1. Gráfica de Barras. Muestra las líneas de tendencia.
2. Gráfica de Gantt. Se utiliza en la resolución de problemas relativamente pequeños y de poca complejidad.
3. Camino Crítico. Se conoce también como teoría de redes, es un método matemático que permite una secuencia y utilización óptima de los recursos.
4. Pert- Cost. Es una variación del camino crítico, en la cual además de tener como objetivo minimizar el tiempo, se desea lograr el máximo de calidad del trabajo y la reducción mínima de costos.

Factores necesarios para lograr que el control de producción tenga éxito.

Factores de producción: hay de 3 tipos:

Creativos: Son los factores propios de la ingeniería de diseño y permiten configurar los procesos de producción.

Directivos: Se centran en la gestión del proceso productivo y pretenden garantizar el buen funcionamiento del sistema.

Elementales: son los inputs necesarios para obtener el producto (output). Estos son los materiales, energía, etc.

### 3.14 PRESUPUESTO

- Según “Stephen P Robbins” en su libro de Administración de teoría y Práctica nos dice que el presupuesto; es un plan numérico, como tal es un instrumento tanto de planeación como de control.
- Franklin Lopez y Antonio Martinez” en su libro de Economía al alcance de todos; nos definen el presupuesto como un plan de gastos en el cual se indican los ingresos por recibir y los gastos que se deberán cubrir.



### 3.15 FUNCIÓN DEL PRESUPUESTO

- La principal función de los presupuestos se relaciona con el Control financiero de la organización.
- El control presupuestario es el proceso de descubrir qué es lo que se está haciendo, comparando los resultados con sus datos presupuestados correspondientes para verificar los logros o remediar las diferencias.
- Los presupuestos pueden desempeñar tanto roles preventivos como correctivos dentro de la organización.

### 3.16 CLASIFICACIÓN DE LOS PRESUPUESTOS

Los presupuestos pueden clasificarse desde varios puntos de vista. A continuación se expone una clasificación de acuerdo con sus aspectos sobresalientes:

#### 1) Según la flexibilidad

- Rígidos, estáticos, fijos o asignados:

Son aquellos que se elaboran para un único nivel de actividad y no permiten realizar ajustes necesarios por la variación que ocurre en la realidad. Dejan de lado el entorno de la empresa (económico, político, cultural etc.). Este tipo de presupuestos se utilizaban anteriormente en el sector público.

- Flexibles o variables.

Son los que se elaboran para diferentes niveles de actividad y se pueden adaptar a las circunstancias cambiantes del entorno. Son de gran aceptación en el campo presupuestario moderno. Son dinámicos adaptativos, pero complicados y costosos.



## 2) Según el periodo que cubran

La determinación del lapso que abarcarán los presupuestos dependerá del tipo de operaciones que realice la Empresa, y de la mayor o menor exactitud y detalle que se desee, ya que a más tiempo corresponderá una menor precisión y análisis. Así pues, puede haber presupuestos:

- A corto plazo:

Son los que se realizan para cubrir la planeación de la organización en el ciclo de operaciones de un año. Este sistema se adapta a los países con economías inflacionarias.

- A largo plazo:

Este tipo de presupuestos corresponden a los planes de desarrollo que, generalmente, adoptan los estados y grandes empresas.

### 3.17 RECURSOS O INSUMOS:

“Franklin López” dice que insumos son los que se usan para producir bienes o servicios como lo son la tierra, mano de obra, los instrumentos y las herramientas.



## CAPÍTULO IV

### MARCO METODOLÓGICO

#### 4.1 TIPO DE ESTUDIO:

Durante el siguiente de estudio se realizaron varias actividades las cuales permiten fijar diversas clasificaciones de investigación, tomando en cuenta el propósito que se persigue, las variables que lo pudieron afectar y todos aquellos aspectos involucrados directa o indirectamente, se pueden identificar distintas investigaciones como las siguientes:

- Investigación no experimental:

Esta investigación está sometida a la observación y manejo de información existente, se estarán utilizando datos desde junio del año 2009 hasta Abril del año en curso.

- Descriptiva:

En la investigación se describen y registran los procesos propios que se desarrollan en la acería de planchones.



- Aplicada:

El estudio está basado en la búsqueda de las mejoras del proceso de producción, y ajustarse a los recursos con que se cuentan.

- De campo:

Tomando en consideración que la información obtenida durante el desarrollo del estudio fue registrada por medio de las entrevistas no estructuradas dentro y fuera de la planta, así como también utilización de datos reales el mismo es considerado de campo.

## 4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población en esta investigación está conformada por todos los Hornos de la acería que conforman el área en estudio, mientras que la muestra esta representada por los Hornos de fusión de arco eléctrico de la acería de planchones (A-200).

### Técnicas de recolección de datos

Es importante denotar que la población en esta investigación está conformada por toda la planta de Planchones de SIDOR.

Las técnicas utilizadas para recolectar la información se detallan a continuación:

- Documentación:

Esta técnica se refiere al uso de libros, manuales y normas de la empresa utilizados para realizar este informe así como también se apoyo en tesis, guías, etc.; aunque otra herramienta que jugó un papel muy



importante durante el desarrollo de este estudio fue la red interna de SIDOR como lo es el intranet.

Se investiga los procesos que se llevan a cabo en esta planta así como las normas y datos ya existentes.

- Entrevista:

A través de este instrumento se logró reforzar la información registrada la cual contribuyó para conocer lo que no se pudo detectar con las demás técnicas. Esta se aplicó en el personal del departamento de Ingeniería Industrial, para conocer los datos registrados de consumo para la producción del periodo a estudiar.

- Consultas:

Esta técnica se aplica para obtener la aceptación por parte del personal que le corresponde si la información que va a ser publicada por el investigador está de acuerdo con las normas de la empresa; como lo es el registro de datos durante el periodo en estudio, las tablas realizadas y los diversos gráficos a ver si corresponden con un significado que se pretende obtener en la empresa con dicho estudio.

### 4.3 RECURSOS

Los instrumentos utilizados para llevar a cabo la siguiente investigación se refiere a todos aquellos insumos empleados los cuales fueron:

- Computadora.
- Hojas.
- Fotocopiadora.
- Grapadora.
- Lápiz y bolígrafo.





- Pendrive.
- Intranet.
- Libros de metodología de la investigación.

A su vez también se considera el recurso humano como instrumento utilizado para llevar a cabo esta investigación; el cual está Conformado por todas las personas que laboraron en todo el proceso de la planta de metálico de Sidor matanzas; las personas que contribuyeron para la complementación de la información tal y como es, el tutor industrial, tutor académico, entre otros...

#### 4.4 PROCEDIMIENTO

- Buscar información de normas y prácticas de producción de la acería de planchones.
- Establecer el patrón a estudiar; el HRD se mantendrá fijo con un 80% de la carga metálica, lo que indica que solo un 20% será objeto de investigación entre briqueta y chatarra.
- Investigar rendimiento de HRD, chatarra y briqueta.
- Comparar el rendimiento de la chatarra y la briqueta.
- Investigar puesta al mil de toda la carga, de HRD, briqueta y chatarra.
- Investigar capacidad del horno de fusión.
- Calcular el volumen que tiene que ocupar el 100% de la carga.
- Calcular la masa y volumen que ocupa el HRD en su 80% de la carga metálica.
- Calcular la masa y el volumen para la chatarra en sus 20 posibles cargas metálicas.



- Calcular la masa y el volumen para las briquetas en sus 20 posibles cargas metálicas.
- Comparar las masas necesarias para cumplir con el patrón de carga metálica de los hornos de fusión de la chatarra y la briqueta.
- Mediante el programa utilizado por la empresa para cálculo del consumo de las variables (cal, refractario, electrodo, energía eléctrica) realizar el cálculo para cada patrón de carga metálica y comparar.
- Por medio del programa calcular la productividad de cada carga metálica y comparar.
- Entrevistar al personal encargado de calcular los costos de la carga metálica de los hornos de la acería de planchones para que suministren costos de las variables a estudiar (cal, refractario, electrodo, energía eléctrica).
- Calcular costo de cada patrón de carga metálica, realizando un producto entre el costo unitario tanto de las variables a utilizar como de la chatarra y de la briqueta por el costo total por material utilizado para cada patrón de carga metálica.
- Mediante uso de gráficos verificar el comportamiento de los costos de cada patrón de carga metálica.
- Mediante la suma de cada uno de los costos que se generan por cada patrón de carga, determinar el impacto económico.
- Por medio de entrevistas con el personal de ingeniería industrial de la acería de planchones recolectar información de las demoras mensuales ocasionadas desde enero del año 2009 hasta noviembre del mismo año y desde enero del año 2010 hasta abril del mismo año.
- Mediante gráficos se realizará análisis de las demoras ocasionadas.
- Por medio de entrevista analizar las cargas metálicas desde enero del 2009 hasta 2010, y se procede al análisis mediante gráfico.
- Mediante uso del programa de la empresa calcular la generación de escoria.



- Analizar la generación de escoria por medio de gráficos.
- Entrevistar a personal vinculado al costo de mantenimiento de las fallas producidas al horno.
- Obtener costo de mantenimiento y comparar por medio de uso de gráficos.
- Mediante los resultados obtenidos explicar la factibilidad de usar chatarra y briquetas en los hornos de la acería de planchones.



## **CAPITULO V: SITUACIÓN ACTUAL**

Actualmente la Gerencia de Aceración cuenta con una restricción energética produce una variabilidad en el proceso que no son comunes e ideales en el funcionamiento normal de la cual dificulta un poco el estudio debido a que hay una diversidad en la carga de los hornos que no son estables para así asumir una posición en cuanto al consumo de cada una de las variables que se han fijado.

Por esto es de suma importancia realizar este estudio para constatar cómo es su comportamiento con respecto a otros factores tales como es el consumo de energía eléctrica, ya que actualmente es deber nacional el ahorro energético, y el consumo de otros materiales como lo son la cal, refractario, y electrodo y el comportamiento a nivel de puesta al mil.

### **5.1 PROCESO EN LOS HORNOS DE FUSIÓN POR ARCO ELÉCTRICO**

Es la primera etapa en la fabricación de acero, esta etapa comprende la fusión de la carga metálica en el horno eléctrico de arco donde se lleva a cabo una refinación parcial. SIDOR utiliza hornos de corriente alterna de tres fases de arco directo, esta corriente eléctrica pasa desde los electrodos a través de un arco a la carga metálica.



### 5.1.1 LOS OBJETIVOS DEL PROCESO DE FUSIÓN EN EL HORNO ELÉCTRICO

- ✓ Fundir la carga metálica.
- ✓ Decarburar.
- ✓ Desfosforar.
- ✓ Controlar los residuos metálicos.
- ✓ Calentar hasta temperatura de sangrado.

### 5.1.2 ETAPAS DEL PROCESO DE FUSIÓN EN HORNOS ELÉCTRICOS DE ARCO

Esta consta de 4 etapas:

#### 1) FUSIÓN

En esta etapa la chatarra y el HRD pasan de estado sólido a líquido. A continuación se describe la secuencia de operaciones:

- a. Se realiza la carga de la chatarra mediante cestas a través de la apertura superior del horno. Para ello se desplaza el conjunto electrodos-bóveda del horno, se coloca la cesta con chatarra previamente preparada sobre el horno y se descarga su contenido. El horno contiene un remanente de acero líquido de la colada previa (pie líquido) para ayudar a fundir la carga actual.
- b. Luego se regresa la bóveda y electrodos sobre el horno y se conecta la energía eléctrica, generándose un arco eléctrico entre los electrodos y la carga metálica, lo cual produce suficiente energía calórica para fundir la carga metálica.



- c. Al completar la carga de la chatarra se colocan en la puerta de escoria bancos con dolomita calibrada para formar una especie de represa y así evitar la salida del material fundido del horno y de la escoria espumante, este proceso se llama parada de horno.
- d. Una vez que se ha fundido aproximadamente un 20% de la chatarra, empieza la alimentación del HRD y cal que se mantiene de forma continua hasta completar la carga.
- e. Los electrodos funden la carga metálica de arriba hacia abajo formando un charco de metal fundido. La fusión ocurre por: la radiación del charco de metal fundido, el calor generado por el arco y la resistencia al flujo de corriente ofrecida por la carga. Este periodo de fusión es el más costoso debido a que el consumo de energía y electrodos está en su máximo, en este proceso también interviene la energía química producto de la inyección de oxígeno y antracita.

## 2) OXIDACIÓN

Esta etapa es también conocida como refinación y se lleva a cabo de la siguiente manera:

- a. Una vez que la carga es parcialmente fundida a través de la acción del calor del arco eléctrico, el oxígeno y el carbón son inyectados, incrementando la energía química del baño. La inyección de oxígeno al baño se lleva a cabo mediante lanzas supersónicas (KT y COJETS) desde el momento en que se inicia la fusión hasta el sangrado del horno.
- b. Se inicia la formación de escoria espumosa con elementos provenientes de la ganga del HRD y las adiciones de cal al horno, la cual remueve las impurezas del baño, produciendo la oxidación del fósforo, silicio y manganeso.



- c. Se inicia la descarburación del baño al empezar a reaccionar con el oxígeno inyectado y el de la propia atmósfera del horno.
- d. Se inicia el control de química y temperatura final del sangrado.

Principales reacciones de la oxidación:

- ❖ Combustión del carbono  $[C] + [O] = CO (g)$ .

Funciones:

- Aporta energía al baño, por ser una reacción exotérmica.
- Contribuye a la agitación del baño, al generarse el monóxido de carbono (CO) el cual burbujea a la superficie y se produce la espuma de la escoria, lo que permite proteger al refractario de la cuba de la acción del arco eléctrico y además se hace más uniforme el baño en temperatura y composición química.
- Contribuye a eliminar por arrastre parte del hidrógeno y nitrógeno presente.

- ❖ Desfosforación  $2 [P] + 5 [O] = (P_2O_5)$  exotérmica.

Funciones:

- Reduce los niveles de fósforo, y en el proceso de aceración por razones termodinámicas (bajas temperaturas) solo es posible realizarlas en la etapa de fusión en el horno eléctrico.



## Escoria de hornos eléctricos

La escoria en el horno es un subproducto de los procesos de aceración, sin embargo su presencia es indispensable para el proceso de fabricación del acero, cumpliendo las funciones siguientes:

- Actúa como aislante térmico del baño.
- Es el medio de reacción de los procesos de purificación del acero (desfoforación y desulfuración) en la interface escoria-baño de acero.
- Protege a los refractarios del calor por radiación emitido por el arco eléctrico y posibilita la aplicación de una mayor potencia. En consecuencia, minimiza los tiempos de fusión. Mediante la adición del coque a la escoria en SIDOR se produce la llamada “escoria espumosa”.

La escoria es una solución líquida viscosa de óxidos, clasificado de la manera siguiente:

- Ácidos  $\text{SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5\text{-S}$
- Básicos  $\text{CaO} - \text{MgO}$
- Anfóteros  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{FeO} - \text{MnO} - \text{Cr}_2\text{O}_3$

Una de las bases de la flexibilidad del horno eléctrico es permitir el control de la escoria a casi cualquier requerimiento. En los procesos de aceración la fluidez de la escoria debe ser, por un lado, alta para poder captar las impurezas del baño, pero por otro, no muy elevada para minimizar el ataque a los refractarios del horno. Esto se logra mediante el control de la basicidad de la escoria, entre 2,00 y 3,00 determinada por la relación  $\text{CaO} / \text{SiO}_2$ .

A diferencia de otros procesos de aceración tales como el Siemens Martin y convertidor de oxígeno, la temperatura en los hornos eléctricos suelen ser





mayores, lo que es un factor a controlar ya que favorecen la revisión del fósforo y amerita un control cercano de la basicidad de la escoria.

### 3) AJUSTE DE TEMPERATURA Y COMPOSICIÓN

En esta etapa se termina ajustando la temperatura y composición química (carbono y fósforo) a los valores de especificación de acuerdo a los requerimientos del proceso. Al término del período de fusión se obtiene una muestra para ser analizada en el laboratorio químico, de ese análisis se definen los ajustes de ferroaleaciones a realizar. Variando la alimentación del HRD (controla temperatura), variando la cal y la inyección de  $O_2$  y coque; se controla la composición química. Para aumentar la productividad el período de oxidación, frecuentemente se ejecuta al mismo tiempo que el ajuste de composición y temperatura.

### 4) SANGRADO

Una vez que se concluye el tratamiento en el horno, el acero es vaciado fuera del mismo a un contenedor llamado cucharón que en lo sucesivo será el medio de transporte del acero líquido por el resto de las etapas en el proceso de aceración. El horno nunca se vacía totalmente de manera que el acero líquido que se deja en el mismo, ayude a fundir la próxima carga. Esta etapa es conocida como sangría y es altamente oxidante al exponerse el acero a la atmosfera en un proceso intensivo de agitación que ocurre durante el vaciado; por ello se adicionan agentes reductores como coque y aluminio, junto con el agregado de ferroaleaciones, en una cantidad que depende del grado de acero a fabricar.

El cucharón debe estar debe estar precalentado antes de la transferencia para que pueda mantener la temperatura del acero. Durante el período de sangrado,



se inicia el tratamiento del acero para su metalurgia secundaria. Se adiciona cal y magnesita (para formar una nueva escoria), aluminio (desoxidar) y ferroaleaciones (para obtener la composición química).

Permanentemente se insufla argón, que agita el baño y homogeniza térmica y químicamente el acero. Luego, se tapa el cucharón y se continúa con el agitado de argón hasta que se traslada al horno de metalurgia secundaria.

La temperatura que tiene el acero en el horno eléctrico es de aproximadamente 1635 a 1670 °C y desciende de 1580 a 1600 °C al culminar las operaciones en el cucharón.

#### Método para evitar el pase de escoria

La escoria del horno eléctrico es indeseable en la etapa siguiente de metalurgia secundaria ya que sus altos contenidos de fósforo y de óxido de hierro no favorecen la desulfuración. Para evitar el pase de escoria al cucharón en SIDOR se utilizan dos métodos, el pie líquido y el sangrado por medio del orificio de colada excéntrica (EBT).

##### 1. Pie líquido

Consiste en dejar una cierta cantidad de acero líquido en el horno después del sangrado. Cada 90 coladas aproximadamente, el horno se vacía por completo para permitir la reparación de la solera. Esta práctica favorece la estabilidad del arco durante los periodos de fusión.

##### 2. Sangrado por el orificio de colada excéntrica (EBT)

Consiste en extraer el acero fundido a través de un orificio ubicado en el fondo del horno entre su eje longitudinal y el borde (excéntrico); por efecto sifón se evita el arrastre de escoria al acero líquido.



## 5.2 CARGA DEL HORNO E INICIO DEL PROCESO DE FUSIÓN

- Cargar el horno:
  - Asegurar en todas las coladas una carga del horno eléctrico dentro de los valores sugeridos en la siguiente tabla, para esto se deben cumplir los siguientes puntos:
    - ❖ Estimar el charco líquido antes de la colada para poder tener un buen control de las toneladas que se cargan en el horno.
    - ❖ Para coladas con una (o más) cesta de chatarra cargada, se deben cumplir las condiciones especificadas en la tabla de coladas con cesta.

**Tabla 3**

Patrón de carga.

COLADAS CON CESTA (VALORES ORIENTADOS)		
Pie Líquido (Ton)	Cesta + HRD + HBI + chips + regreso(Ton)	Carga Total
90	190 +/- 20	280 +/- 20
80	200 +/- 20	280 +/- 20
70	210 +/- 20	280 +/- 20
60	225 +/- 20	285 +/- 20
50	235 +/- 20	285 +/- 20
40	250 +/- 20	290 +/- 20
30	260 +/- 20	290 +/- 20
20	270 +/- 20	290 +/- 20
10	285 +/- 20	295 +/- 20
0	305 +/- 20	305 +/- 20

**Fuente:** Práctica (prappa01002) Sidor. Carga metálica del horno eléctrico.



- Conectar el horno eléctrico para comenzar fusión.
- Verificar con el técnico de cabina principal o con el supervisor el tipo de acero a fabricar.
- Verificar si aplica alguna instrucción transitoria.
- Una vez superadas las 190 Ton de carga total, medir la temperatura, actividad del oxígeno y tomar muestra del acero.
- Pedir cucharón.

### 5.3 PUESTA AL MIL (PAM).

Uno de los conceptos fundamentales más utilizados dentro de SIDOR C.A es el de la Puesta al mil (PAM), el cual es importante para la comprensión del presente trabajo.

La PAM se define como la carga necesaria para producir 1000 Kg. ó 1 T. de producto de cualquier línea. También puede definirse como la inversa del rendimiento metálico.

$$PAM = \frac{\text{Carga}}{\text{Salida}}$$

$$\text{Rendimiento metálico} = \frac{1}{PAM}$$

La carga es mayor o igual a la salida (producción), por lo que la PAM siempre será mayor o igual a 1.

a) PAM Tecnológica: Es un indicador de gestión de la línea de producción calculada en función a las pérdidas del material atribuidas al proceso de transformación y/o especificaciones técnicas de la línea y que es inevitable en todos los procesos productivos.



$$\text{PAM Tecnológico} = \frac{\text{Carga}}{\text{Producción Total}}$$

La producción total incluye la producción de primera, de segunda y SOV.

b) PAM Cualitativa: Indicador de gestión de la línea de producción calculada en función a las pérdidas del material por problemas de calidad.

$$\text{PAM Cualitativa} = \frac{\text{Producción Total}}{\text{Producción de Primera}}$$

#### 5.4 PRESUPUESTO OPERATIVO ANUAL

El POA (Presupuesto operativo anual) es la expresión cuantitativa de los planes de acción y actividades de todas las áreas de la empresa, tanto las funciones básicas regulares como las nuevas actividades y proyectos que se piensan desarrollar durante el nuevo ejercicio económico (Anual), el cual es dividido en sub periodos mensuales para el posterior control presupuestario. Este control presupuestario comprende la comparación entre el costo real y el costo presupuestado, el análisis de las causas de las desviaciones entre los mismos y el establecimiento de posibles medidas correctivas o de mejora.

El Presupuesto Operativo Anual en SIDOR está basado en estándares de consumo y precios estimados para ese periodo, y sufre diferentes ajustes de acuerdo a las condiciones reales a medida que va transcurriendo el mismo (POA flexibilizado).



## 5.5 MATERIALES DE NECESARIOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ACERO

### 5.5.1 Refractarios

Son materiales que resisten altas temperaturas sin sufrir deformación. Se utilizan para revestir interiormente a equipos destinados al proceso de fabricación de metales, permitiendo alcanzar en estas altas temperaturas, y a su vez reducen las pérdidas de calor por conducción y convección.

#### Clasificación

De acuerdo a su composición química y mineralogía, los materiales refractarios se clasifican según el esquema siguiente:

- ✓ Ácidos
  - Cuarzo (92%-97% Sílice).
  - Sílice.
  - Arcillas refractarias.
  - Alta alúmina (50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 95%).
  - Mullita alta alúmina.
  - Zircón zircona.
  - Carburo de Silicio.
  
- ✓ Básicas
  - Magnesita.
  - Magnesita – Cromita.
  - Dolomíticas.
  - Forsteríticos.
  -
  
- ✓ Neutro
  - Cromita.



- Alúmina fundida alta pureza.
- Carbono.
  
- ✓ Especiales
  - Nitruros.
  - Boruros.
  - Cermets.

### 5.5.2 Masas refractarias.

Las masas refractarias se endurecen y sinterizan, después de su colocación, la cual se produce por la pendiente de temperatura en el Horno.

Una ventaja importante que ofrece el empleo de las masas refractarias es su posibilidad de utilización rápida, incluso en un equipo caliente, sin embargo, esta situación afecta a la técnica de elaboración, en la que se han caracterizado como especialmente ventajosas los métodos de vertido, vibración, inyección y centrifugado. Frecuentemente se puede efectuar un calentamiento más rápido, lo que puede llevar por otra parte paradas pequeñas con los correspondientes bajos costos.

Las masas consiguen por regla general un mejor aislamiento del calor, es decir mejor conductividad térmica que ladrillos equivalentes, así como una mayor resistencia a los cambios bruscos de temperatura, como consecuencia de la pendiente de sinterización, pero tiene en contra partida una mejor compactación. En los revestimientos que se realizan con masa, solo se prevé juntas de dilatación, cuando se trata de superficies grandes, con este procedimiento se reduce el número de juntas de permeabilidad en comparación con los revestimientos a base de ladrillos.



Las masas de mayor consumo están fabricadas a base de sílice y alúmina, su participación en el mercado es aproximadamente del 70 % de todas las masas fabricadas, estas masas se fabrican fundamentalmente como masas de construcción, se puede llevar a cabo el revestimiento completo de los hornos utilizando únicamente estas masas.

#### Ventajas

- Menos tiempo en la fabricación, solo se necesita en proceder a la mezcla.
- Menos tiempo en almacén, debido a que no necesitan aprovisionamiento de piezas, de esta manera se abaratan los costos.
- Posibilidad de montaje más rápido.
- Calentamiento más rápido, acortando así los tiempos de parada.
- Mejor aislamiento de calor.
- Mayor resistencia a los cambios bruscos de temperaturas, reduciendo así los costos de trabajo.

#### Desventaja

Trabajos importantes como son el secado y el calentamiento tienen que hacerse fuera de las instalaciones del fabricante pueden producirse averías, debido a los procedimientos de trabajo utilizados erróneamente, con el fin de evitar este riesgo. El usuario tiene que ajustarse estrictamente a las normas de reparación del fabricante, desarrollando un trabajo correcto con tratamiento térmico final incluido.

#### 5.5.3 Finos

Los finos generados son reutilizados en la planta de pellas sustituyendo al mineral de hierro y se obtienen de tres fuentes diferentes:

- 1) En el proceso de cribado que se realiza durante la producción de pellas.





- 2) En el proceso de Cribado I en la planta reductora Midrex I
- 3) En el proceso de Cribado II de las plantas reductoras Midrex II y HyL II.

Los recuperados son finos generados que se fueron almacenando durante años en grandes patios (Barranco y Patio Lurgi) dentro de la planta, ya que durante la anterior administración estatal no fueron reutilizados, por desconocimiento de su potencial uso. Comenzaron a ser reutilizados durante la administración privada de la empresa, sin embargo, en la actualidad estos finos se encuentran prácticamente agotados. Han sido reutilizados en la producción de pellas.

El material reoxidado es básicamente HRD no conforme con los porcentajes de metalización indicados en la composición establecida para ser consumido por las acerías. Se generan en las plantas reductoras Midrex I y HyL II. En la actualidad, se reutiliza en la planta Midrex I como material sustituto de las pellas (principal materia prima de las plantas reductoras)

#### 5.5.4 Escoria de acería

La escoria es un subproducto que puede ser definido como un agregado, rugoso de origen mineral que se compone de silicatos de calcio y ferritas, combinado con óxidos fundidos de hierro, aluminio, manganeso, calcio y magnesio. La escoria por sus propiedades químicas tiene la función de absorber las impurezas del acero. Actualmente SIDOR C.A comercializa la escoria, ya que, debido a sus propiedades físicas de dureza y textura superficial la hacen superior a la piedra, como agregado para relleno en capas asfálticas. Las características de esta escoria no la hacen recomendable para la fabricación de cemento por no poseer el índice de vitrificación ni el porcentaje de sílice adecuado.

#### 5.5.5 Chatarra

La chatarra es un conjunto de trozos de metal de desecho, principalmente acero. La chatarra de acero es utilizada en la producción de acero, cubriendo un 40% de



las necesidades mundiales. El porcentaje de uso varía según el proceso de fabricación utilizado, siendo un 20% en la producción de acero por convertidor LD y llegando al 100% en el proceso de fabricación por horno eléctrico. La chatarra generada en SIDOR C.A, es de origen principalmente tecnológico, ya que ésta se genera por pérdidas de material como parte de los procesos de transformación en la empresa. Su tamaño puede variar, por lo que se hace necesario realizar una clasificación de la misma en:

- a) Chatarra Preparada: Esta denominación se debe a que sus dimensiones son inferiores a un metro, por lo que es apta para su consumo dentro de las acerías.
- b) Chatarra no Preparada: La chatarra será no preparada cuando las dimensiones de la misma sean superiores a un metro; este tipo de chatarra necesita una preparación adicional (corte) para que pueda ser consumida por las acerías.

El cálculo de la chatarra de todas las líneas, no es más que la diferencia entre el consumo por línea y la producción total (Bruta).

$$\text{Chatarra} = \text{Consumo (Carga)} - \text{Producción Total}$$

Donde:

- Consumo (Carga): Son todos los materiales consumidos para la fabricación del producto.
- Producción total: Está compuesta por la producción de primera (Conforme con las especificaciones), la producción de segunda (No conforme con especificaciones) y los materiales sin orden de venta (SOV).



### 5.5.6 Briquetas

También son conocidos como prerreducidos, estos productos son obtenidos por reducción directa en estado sólido, mediante carbón o hidrocarburos, de minerales muy puros y lo más exentos posible de ganga. Ha de tenerse en cuenta que la ganga produce en la colada una escoria poco reactiva, viscosa y difícil de manipular. Este material aporta la ventaja de que son hierro prácticamente puro exento de cualquier elemento contaminante o de aleación, por ello su presencia en la carga es favorable como diluyente de elementos (Ni, Sn, Cu) perjudiciales e imposibles de eliminar en las marchas de colada en acería.

Las Briquetas pueden cargarse de cinco formas:

- 1) Discontinua, añadiéndolos en la cesta de carga.
- 2) Continua, mediante agujeros practicados en bóveda o cuba del horno.
- 3) Inyectados en la cuba mediante equipos especiales.
- 4) En hornos de corriente continua que tienen electrodo hueco, a través de éste.
- 5) Si la acería está al lado de la reducción directa cargarlos calientes, a la salida de los hornos de reducción, para aprovechar su calor sensible.

### 5.5.7 Electrodo

En los hornos eléctricos de arco la corriente se lleva al interior del horno mediante los electrodos, que son unas barras de carbono que se introducen en el horno y permiten que los arcos eléctricos se formen entre sus extremos y la carga sin que a pesar de la elevada temperatura se fundan. En los hornos de acería los electrodos comúnmente empleados son los de grafito, aunque en tiempos antiguos o de carencia se emplearon los de carbono amorfo y los Söderberg. Como alternativa a los electrodos clásicos de grafito se están ensayando otros especiales, mixtos o huecos.



Tanto los de grafito como los de carbono amorfo se adquieren ya fabricados, mientras que los Söderberg se construyen en la misma acería que los utiliza. Los dos primeros son electrodos semicontinuos y están constituidos por barras cilíndricas de 1,5 a 3 m de longitud provistos en sus dos extremos de orificios roscados a los que se acopla una pieza de unión llamada “nipple”. Ésta consiste en un doble tronco de cono unido por sus bases mayores y roscado, que sirve para empalmar dos barras consecutivas. De este modo cuando el electrodo se va consumiendo puede roscarse otra barra y así funcionan como si fueran continuos.

El material de partida es siempre el mismo: Mezcla de carbones (naturales y coque) y de hidrocarburos pesados (brea y alquitrán). Según la temperatura de cochura la clasificación es:

- Söderberg: La pasta se emplea cruda.
- Carbono amorfo: Previamente se cuecen a temperatura intermedia.
- Grafito: Se cuecen a temperatura y presión muy altas.

Dada la pérdida e inutilización de electrodos por fractura en servicio, especialmente con chatarras de formas muy distintas entre sí, se ha intentado sustituir el grafito por otros sistemas tenaces además de eléctricamente conductores. Un intento ha sido la sustitución de los electrodos de grafito por electrodos de cobre refrigerados por circulación interna de agua. A pesar de esta refrigeración las elevadísimas temperaturas en el arco han dado lugar a perforaciones y fugas de agua que llegan a ser peligrosas. Esto se ha obviado parcialmente manteniendo el cuerpo de cobre refrigerado por agua al que se le rosca una punta de grafito que abarca la zona de temperaturas más altas.



## 5.6 COSTO DEL DÓLAR

A partir del lunes 11 de enero del presente año, entró en vigencia el aumento del dólar oficial (o lo que es equivalente, la devaluación oficial del Bolívar) mediante dos tipos de cambio: uno básico para sectores prioritarios como salud y alimentación a 2,6 bolívares por dólar y otro, que denominó dólar petrolero, a 4,3 bolívares por dólar para todos los otros rubros. (Ver Tabla 4).

**Tabla 4**  
Precio del dólar

Precio del Dólar Oficial desde el 11 de enero de 2010 (Convenio Cambiario N° 14, Gaceta Oficial N° 39.342)			
Dólar Básico (para la compra)	Dólar Básico (para la venta)	Dólar Petrolero (para la compra)	Dólar Petrolero (para la venta)
Bsf. 2,59	Bsf. 2,60	Bsf. 4,28	Bsf. 4,30
Aplica a: Importaciones del sector público, remesas familiares, estudiantes en el exterior, consulados y embajadas acreditadas en el país, jubilados, pensionados, y algunos casos especiales.		Aplica a: Sectores automotriz, comercio, químicos, metalúrgicos, textil, telecom, construcción, tabaco y bebidas, y todo lo demás. CONSUMOS EN EL EXTERIOR Y COMPRAS ELECTRÓNICAS.	
NOTA: Este convenio también establece un tercer tipo de cambio variable, para la adquisición de "divisas requeridas para el pago del capital, intereses y garantías y demás colaterales de la deuda privada externa contraída con cualquier acreedor extranjero" el cual será fijado por el Ejecutivo Nacional y el BCV.			



## 5.7 COSTOS DE MATERIALES DE PRODUCCIÓN

El costo de los materiales a pronosticar se fijará en la siguiente tabla.  
(Ver Tabla 5).

**Tabla 5**

Costo de Insumos y Carga Metálica

Concepto	Costo
Chatarras	180,2 \$/ton
Briquetas y chips	114 \$/ton
Cales	0,2 \$/kg
Refractarios	3,1 \$/kg
Electrodos	8,1 \$/kg
Electricidad distrib.	14,2 \$/MWH

**Fuente:** Informe Básico De Costos De Sidor Marzo 2010.



## **CAPITULO VI**

### **ANALISIS Y RESULTADO**

#### **6.1 ESTUDIO DEL CONSUMO REAL EN LOS HORNOS DE FUSIÓN DE LA ACERÍA DE PLANCHONES.**

En el siguiente estudio se hizo uso de datos históricos de la acería de planchones de un tiempo comprendido de Enero 2009 hasta Marzo 2010; con lo cual se puede visualizar el consumo de cal, electrodo, electricidad y refractario para el patrón de carga metálica empleado en ese determinado momento; así como también se presentan los datos de la puesta al mil. A su vez se tomó en cuenta para este mismo periodo información referente a las demoras para cada una de las fallas que son más resaltantes como: la eléctrica, mecánica y de instrumentación lo cual resulta horas no disponibles de mantenimiento, también la generación de finos, generación de escoria y los costos de mantenimiento.

##### **6.1.1 Patrón de Carga vs. Consumo.**

En la Tabla a continuación, se presenta el evolutivo de los valores reales de consumos y Puesta al Mil, relacionándolo con el patrón de carga correspondiente a cada mes evaluado (considerando el periodo Enero 2009 hasta Marzo 2010).



**Tabla 6**  
**Patrón de Carga vs. Consumo.**

Fecha	% Chatarra	% Briqueta	Cal (Kg/tal)	Electrodo (Kg/tal)	E.E.(Kwh/tal)	Refractario (Kg/tal)	PAM
1-2009	8,0	1,5	147,1	1,6	741,9	5,4	1239
2-2009	8,6	0,1	84,2	1,5	717,5	5,2	1241
3-2009	9,0	0,3	92,0	1,4	716,1	5,7	1222
4-2009	12,1	0,2	101,8	1,5	721,6	5,4	1224
5-2009	9,7	2,6	94,3	1,6	697,0	4,8	1208
6-2009	15,3	18,9	94,7	1,9	733,6	5,7	1216
7-2009	18,1	54,3	113,2	2,1	785,3	5,4	1258
8-2009	13,6	26,4	103,7	2,1	742,5	5,2	1237
9-2009	12,5	9,0	106,5	1,6	761,0	5,9	1192
10-2009	14,2	2,1	106,1	1,6	695,0	5,8	1216
11-2009	11,1	0,5	105,8	1,6	706,7	5,8	1225
12-2009	6,3	1,2	92,4	1,6	722,8	5,9	1202
1-2010	12,9	2,5	88,2	1,6	713,5	6,6	1206
2-2010	11,3	1,1	91,6	1,7	679,9	7,5	1200
3-2010	10,5	0,0	115,5	1,7	696,2	6,2	1200

**Fuente:** Informe de Gestión Industrial – Ing. Industrial – Sidor.

Nota:

EE.: Energía Eléctrica.

PAM: Puesta al Mil

En este cuadro tenemos reflejado para distintos porcentajes de carga de chatarra y briquetas el consumo de cada variable para obtener 1 tonelada de acero líquido, para el tiempo comprendido desde enero 2009 hasta marzo 2010, teniendo en cuenta que la producción por colada son 200 toneladas de acero líquido, se puede visualizar que el consumo de chatarra no presenta una gran variación, mientras que la briqueta elevó su consumo en los meses de junio, julio y agosto; siendo julio el mes con mayor consumo con más del 50% de la carga metálica.

Nota: El incremento en consumo de briquetas desde junio a septiembre se debió a un evento ocurrido en las instalaciones de Midrex II, lo cual fomentó un mayor

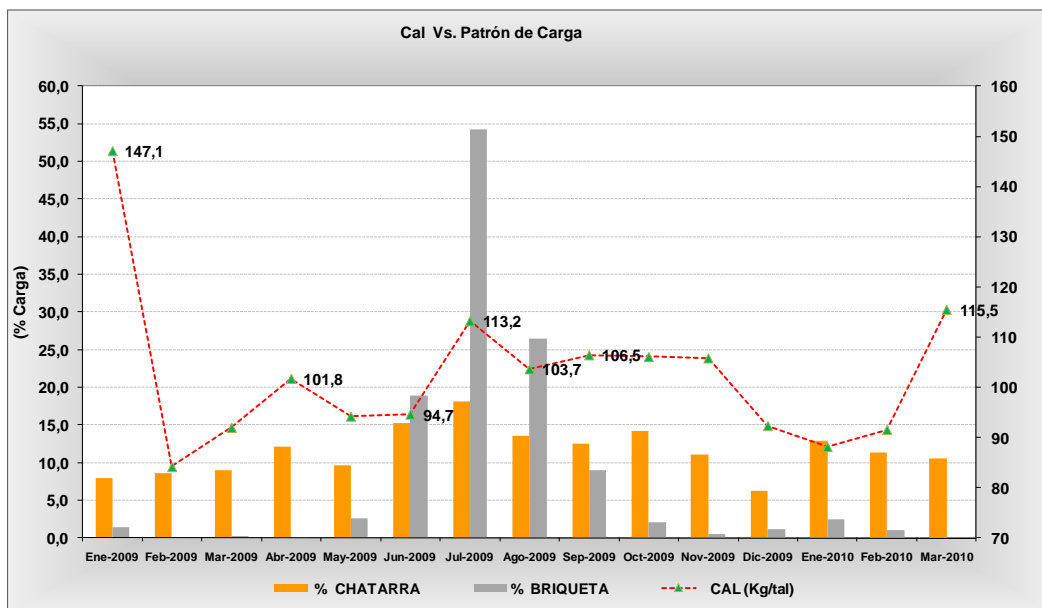




consumo en el patrón de briquetas debido a la falta de metálico para la carga del horno.

- Evolutivo Real de Consumo de Cal.

En el Grafico 1, se puede apreciar el evolutivo real del consumo de cal en los hornos de fusión de la A-200, para el periodo de evaluación.



**Gráfico 1:** Evolutivo Real de Consumo de Cal en Hornos de Fusión.  
**Fuente:** Informe de Gestión Industrial – Ing. Industrial – Sidor.

En este gráfico nos muestra que la carga para estos meses no se mantuvo constante por diversos problemas que se presentaron en la planta, pero al fijarnos en los meses donde hubo mayor consumo de briquetas se puede ver que estos poseen un mayor consumo de cal, como lo es el caso del consumo que está en el mes de julio el cual nos muestra un excesivo aumento en el consumo de briqueta para la cual se ve un notable aumento en el consumo de este material.

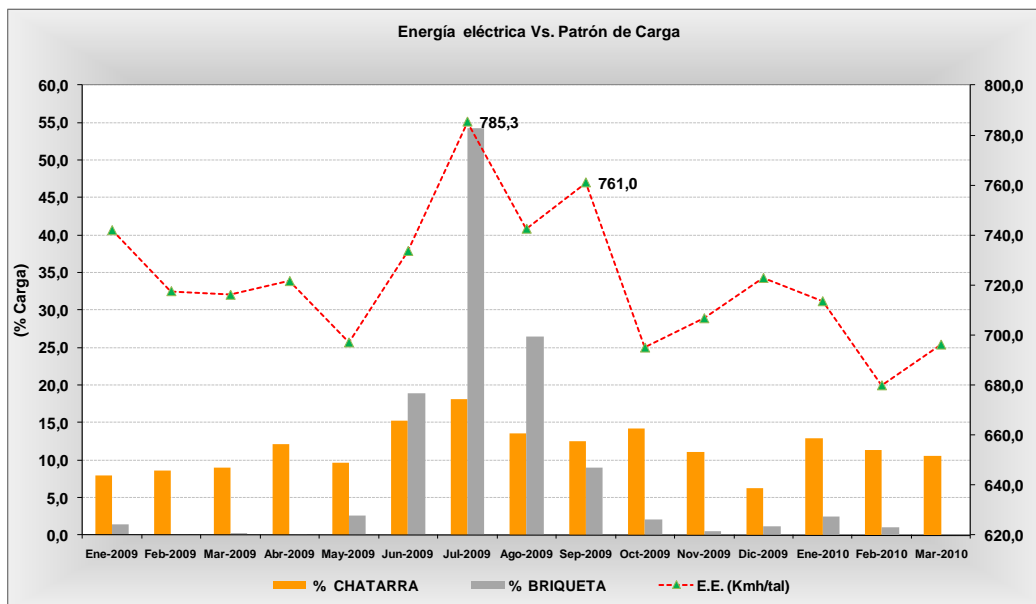
En el mes de Enero se observa un pico en el consumo de Cal para los hornos, el cual es debido a que la falta de refractario originó periodos de intermitencia en la



operación de los hornos, lo cual trae como consecuencia, el deterioro de la calidad de la cal por altos inventarios de la misma, por lo que el consumo por colada se debió incrementar.

- Evolutivo Real de Consumo de Energía Eléctrica.

En el siguiente gráfico, se observa el evolutivo real del consumo de energía eléctrica en los hornos de fusión de la A-200, para el periodo de evaluación establecido.



**Gráfico 2:** Evolutivo Real de Consumo de Energía Eléctrica en HF.

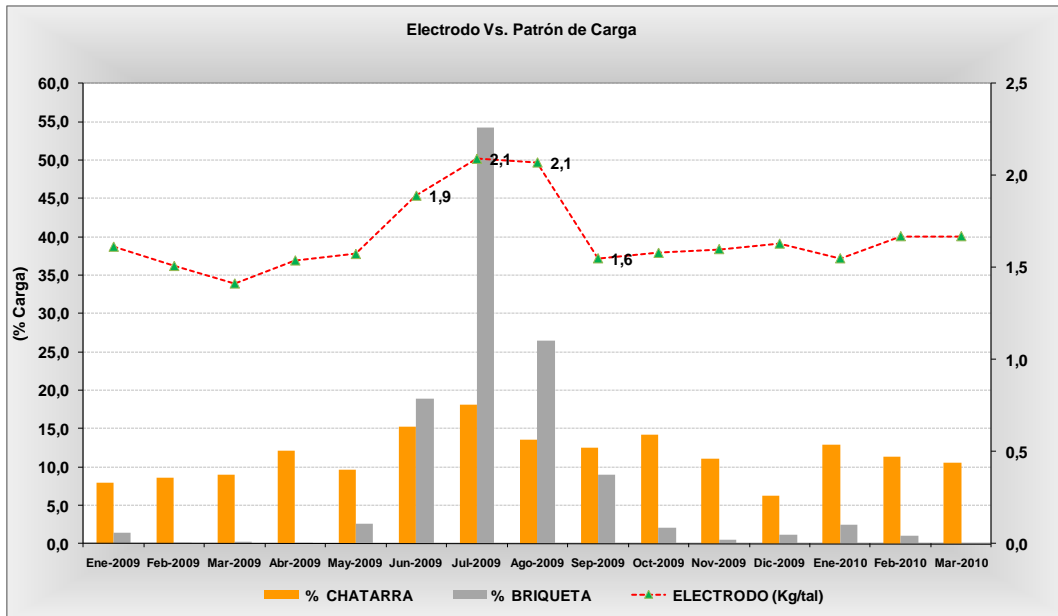
**Fuente:** Informe de Gestión Industrial – Ing. Industrial – Sidor.

En este gráfico se muestra que en los meses de mayor consumo de briqueta se incrementa el consumo de briquetas se incrementa el consumo de energía eléctrica debido a que se alargan los tiempos de fusión.



- Evolutivo Real de Consumo de Electrodo.

En el Grafico 3, se aprecia el consumo real de electrodo para cada mes en los hornos de fusión de la A-200, para el periodo de evaluación.



**Gráfico 3:** Evolutivo Real de Consumo de Electrodo en HF.

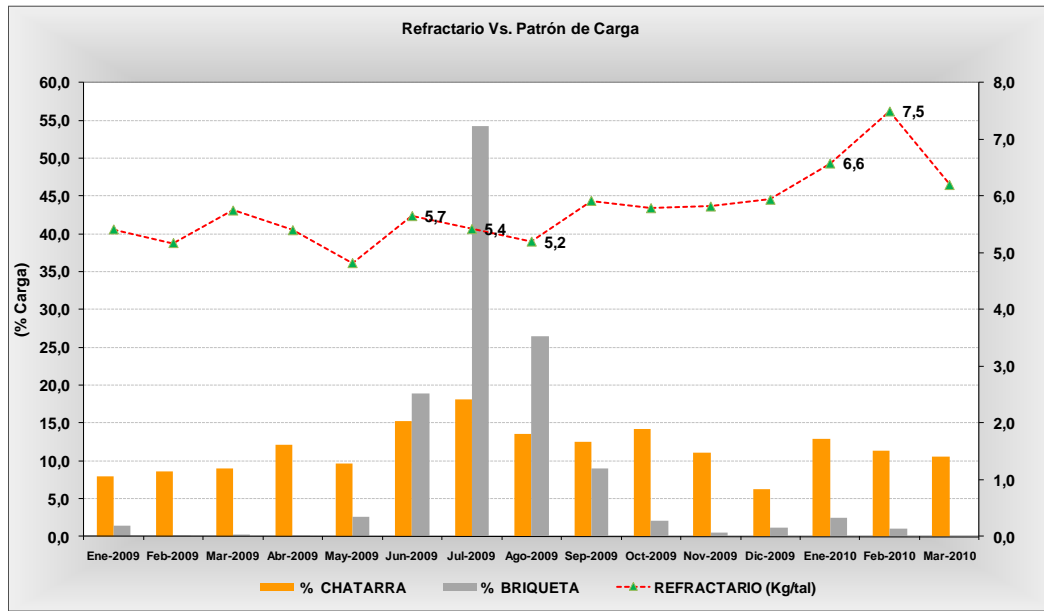
**Fuente:** Informe de Gestión Industrial – Ing. Industrial – Sidor.

Al igual que en la gráfica anterior vemos que el mes de julio se realizó el mayor consumo de electrodo debido a que al cargar briquetas se incrementa el tiempo de fusión del horno eléctrico, lo que trae como consecuencia mayor consumo de electrodo, lo cual afecta la contabilidad para los meses subsiguientes debido a que el mayor desgaste del electrodo se afecta a pesar de que se disminuya el patrón de carga.



- Evolutivo Real de Consumo de Refractario.

En el Grafico 4, se puede apreciar el evolutivo real del consumo de Refractario en los hornos de fusión de la A-200, de acuerdo al patrón de carga.



**Gráfico 4:** Evolutivo Real de Consumo de Refractario en HF.

**Fuente:** Informe de Gestión Industrial – Ing. Industrial – Sidor.

En este gráfico no se aprecia una relación directa entre el aumento de consumo de briquetas con el posible aumento del consumo de refractario, a pesar que la experiencia en planta indica que a medida que se aumenta el porcentaje de briqueta en cesta hay mayor tiempo de fusión, lo cual acelera el desgaste de refractario.

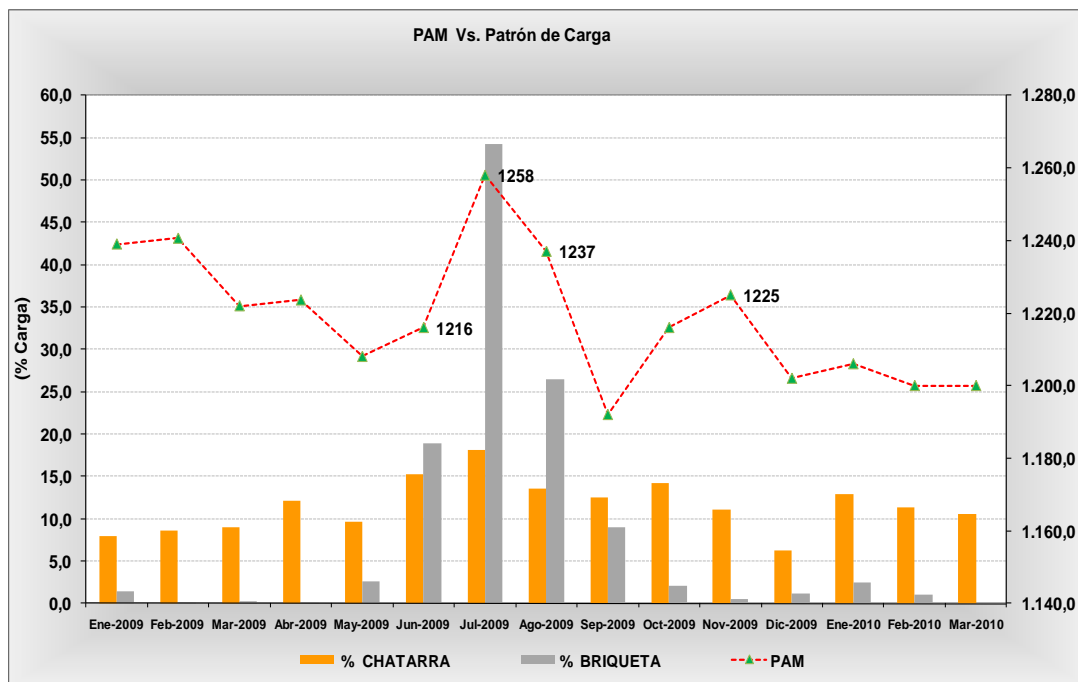
Para caso particular del consumo de refractario fueron otras variables que influyeron en su alto consumo en todo el año, en un primer período debido a la escases de refractarios por temas financieros originó el uso de materiales vencidos, remanentes y de uso no habitual de las acerías, con la consecuencia directa del alto consumo y para el periodo posterior el consumo mayor de briquetas se explica el incremento debido al inicio de racionamiento eléctrico lo



cual originó operaciones discontinuas de los hornos que afectan directamente el refractario.

- Evolutivo Real de la Puesta Al Mil.

En el Grafico 5, se puede apreciar el evolutivo real de la puesta al mil en los hornos de fusión de la A-200, para el periodo de evaluación.



**Gráfico 5:** Evolutivo Real de Consumo de Puesta Al Mil en HF.

**Fuente:** Informe de Gestión Industrial – Ing. Industrial – Sidor.

En el presente gráfico se puede ver claramente que la puesta al mil se ve afectada con el consumo de briquetas debido a que el rendimiento de la briqueta es menor al del HRD, lo cual hace necesario aumentar la carga metálica para obtener la misma cantidad de acero.



### 6.1.2. Demoras en el sistema de alimentación de fusión del horno.

En la Tabla a continuación, se presenta el evolutivo de los valores reales de demoras en el proceso de fusión del horno, relacionándolo con el patrón de carga correspondiente a cada mes evaluado (considerando el periodo Enero 2009 hasta Marzo 2010).

**Tabla 7**

Demoras en el sistema de alimentación de fusión del horno.

Fecha	Eléctrica (Horas)	Instrumentación (Horas)	Mecánica (Horas)	HND Mantto.
1-2009	22,5		35,0	57,5
2-2009	3,9	0,3	4,0	8,2
3-2009	0,7	0,1	43,8	44,6
4-2009	17,2		32,4	49,6
5-2009	13,6	0,5	54,3	68,4
6-2009	7,1	9,8	64,4	81,3
7-2009	1,4		3,7	5,1
8-2009	2,0	0,3	1,2	3,6
9-2009	1,6		125,5	127,1
10-2009	1,2		22,0	23,2
11-2009	4,3	0,6	21,3	26,1
12-2009				0,0
1-2010	0,9		1,1	2,0
2-2010			1,0	1,0
3-2010	0,1		0,0	0,1

**Fuente:** Informe de Gestión Industrial – Ing. Industrial – Sidor.

Nota:

HND: Horas no Disponibles

HND= suma de demoras (eléctricas +Instrumentación + Mecánica)

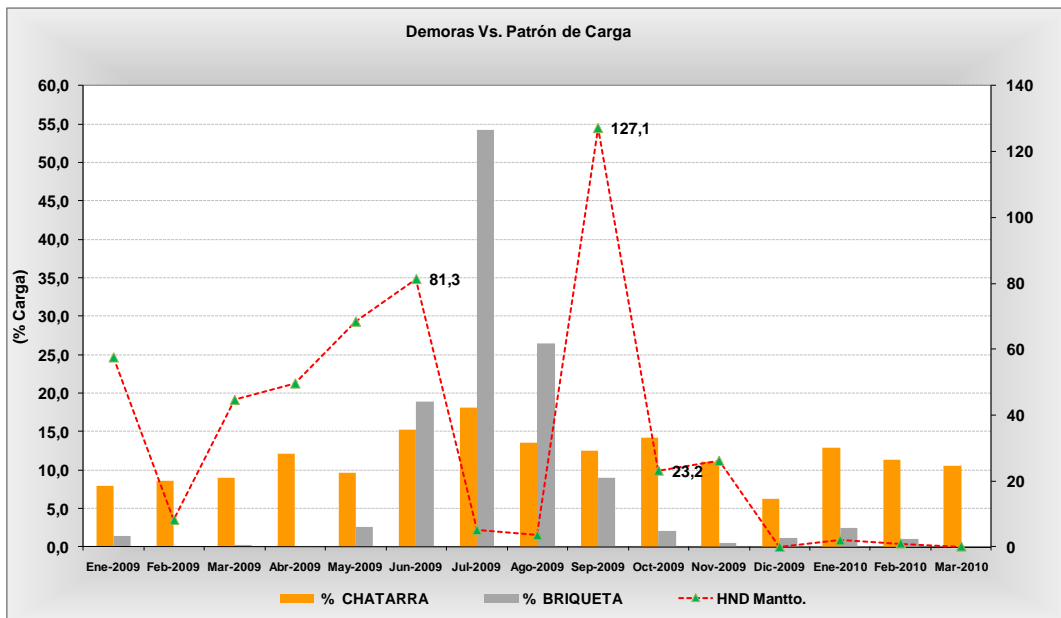
En la tabla 7 se muestran las demoras registradas que son más frecuente en el proceso que se lleva a cabo en el horno de fusión de arco eléctrico de planchones desde Enero del año 2009 hasta Marzo del año 2010; para ello tenemos las horas mensuales de las fallas eléctricas, de instrumentación y mecánica y al final tenemos las horas totales que estuvo interrumpido el horno en todo el mes, las



cuales llamamos demoras en el sistema de alimentación de fusión del horno de arco eléctrico.

- Evolutivo real de las Demoras en el sistema de alimentación.

En el Grafico 6, se puede apreciar el evolutivo real de las demoras en el sistema de alimentación en los hornos de fusión de la A-200, para el periodo de evaluación.



**Gráfico 6:** Demoras en el sistema de alimentación en HF.  
**Fuente:** Informe de Gestión Industrial – Ing. Industrial – Sidor.

En esta imagen gráfica se visualiza que las mayores demoras estuvo en el mes de septiembre, los sistemas de carga de alimentación de las normas de Sidor no fueron diseñados para la carga de HRD, el incremento de consumo de briqueta tanto por cestas como el sistema impacto directamente en la vida útil de los equipos lo cual se ve reflejado totalmente en el periodo siguiente al alto consumo de briquetas (mes de Septiembre) donde las horas no disponibles de



mantenimiento alcanzó su valor máximo lo cual indica el daño que ocasiona el paso de briquetas por sistemas no diseñados para tal fin.

### 6.1.3 Generación de finos durante el proceso de fusión del horno.

En la Tabla a continuación, se presenta el evolutivo de los valores reales de generación de finos de HRD en el proceso de fusión del horno, relacionándolo con el patrón de carga correspondiente a cada mes evaluado (considerando el periodo Enero 2009 hasta Marzo 2010).

**Tabla 8**

Generación de finos durante el proceso de fusión del horno.

Fecha	Promedio de Tam. 1/8 (%)	Promedio de Tam. Menor 1/8 (%)	Total de finos
1-2009	2,1	1,4	3,48
2-2009	2,1	1,0	3,05
3-2009	1,3	0,9	2,18
4-2009	1,5	0,9	2,35
5-2009	1,6	0,7	2,37
6-2009	1,8	1,2	2,99
7-2009	2,1	1,2	3,26
8-2009	1,6	1,3	2,97
9-2009	1,4	0,6	2,04
10-2009	1,3	0,7	2,00
11-2009	1,1	0,4	1,57
12-2009	1,4	0,8	2,20
1-2010	1,6	1,0	2,55
2-2010	0,9	0,5	1,34
3-2010	0,8	0,3	1,11

**Fuente:** Informe de Gestión Industrial – Ing. Industrial – Sidor.

En el presente cuadro se muestra la generación de fino durante los meses de estudio, para el siguiente se encontraron con una clasificación de 2 tipos de finos que se generan durante el proceso de fusión; unos tienen un tamaño a 1/8 y los otros son menores de 1/8, para lo cual se tomara en cuenta el total de esta

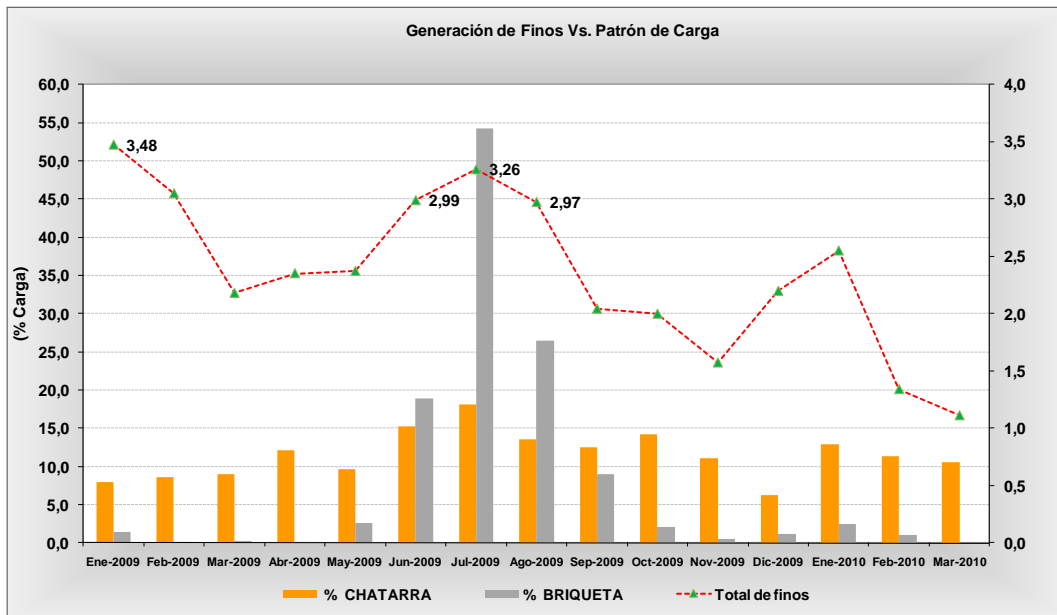




generación de finos de los hornos de fusión de arco eléctrico de la acería de planchones.

- Evolutivo real de Generación de finos.

En el Grafico 7, se puede apreciar el evolutivo real de la generación de finos en los hornos de fusión de la A-200, para el periodo de evaluación.



**Gráfico 7:** Generación de finos en HF.

**Fuente:** Informe de Gestión Industrial – Ing. Industrial – Sidor.

En este gráfico se observa que la mayor generación de fino se muestra en el mes de enero, luego en el mes de junio comienza el aumento de generación de finos alcanzando su máximo en el mes que se tiene el mayor consumo de briqueta; es decir, julio.



### 6.1.4 Generación de escoria de horno durante el proceso de fusión.

En la Tabla a continuación, se presenta el evolutivo de los valores reales de generación de escoria de horno en el proceso de fusión, relacionándolo con el patrón de carga correspondiente a cada mes evaluado (considerando el periodo Enero 2009 hasta Marzo 2010).

**Tabla 9**

Generación de escoria de horno durante el proceso de fusión.

Fecha	PRD. (Ton)	Coladas	Gen. Esc. (Ton/Col)	Total Esc. (Ton)	Total Esc. (Mton)
1-2009	227354	1137	30,80	35012,52	35,01
2-2009	189443,5	947	30,80	29174,30	29,17
3-2009	157599	788	30,40	23955,05	23,96
4-2009	151692,4	758	30,90	23436,48	23,44
5-2009	229862,9	1149	30,90	35513,82	35,51
6-2009	143426,1	717	30,90	22159,33	22,16
7-2009	96884,19	484	32,00	15501,47	15,50
8-2009	157023,26	785	31,30	24574,14	24,57
9-2009	176077,64	880	31,30	27556,15	27,56
10-2009	154120,07	771	31,30	24119,79	24,12
11-2009	181161,76	906	31,60	28623,56	28,62
12-2009	184215,35	921	31,40	28921,81	28,92
1-2010	122601,37	613	30,90	18941,91	18,94
2-2010	64830,39	324	29,90	9692,14	9,69
3-2010	41853,59	209	30,40	6361,75	6,36

**Fuente:** Informe de Gestión Industrial – Ing. Industrial – Sidor.

**NOTAS:**

PRD: Producción.

Gen. Esc.: Generación de escoria.

Total Esc: Total Escoria.

Coladas: A dimensional.

Mton: Millones de Toneladas

Ton: Toneladas.



En esta tabla se encuentra las toneladas de escoria de horno generadas mensualmente, haciendo uso de la producción del mes y la generación de escoria por colada.

Se necesito determinar el número de coladas que se hicieron en el mes el cual se realizó tomando en cuenta que una colada produce 200 toneladas de acero líquido:

$$\text{Coladas} = \text{PRD (ton)} / 200 \text{ ton}$$

Luego con la generación de escoria que se produjo por toneladas tenemos el total de escoria del mes:

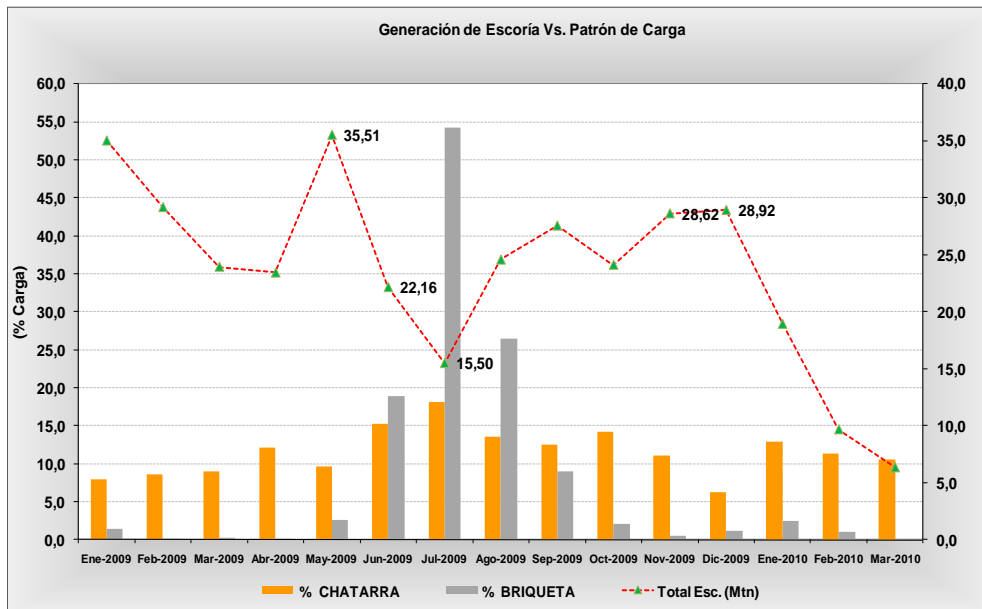
$$\text{Total Esc.} = \text{Coladas} * \text{Gen. Esc.}$$

Luego la dividimos entre 1000 para obtener en millones de toneladas.



- Evolutivo real de Generación de escoria de horno.

En el Grafico 8, se puede apreciar el evolutivo real de la generación de finos en los hornos de fusión de la A-200, para el periodo de evaluación.



**Gráfico 8:** Generación de escoria de horno en HF.  
**Fuente:** Informe de Gestión Industrial – Ing. Industrial – Sidor.

Este gráfico refleja la generación de escoria para cada mes, donde la mayor generación de escoria estuvo en los meses de enero del año 2009 con 35.01 Mton y junio del 2009 con 22.16 Mton.



### 6.1.5 Costos de mantenimiento de las cintas alimentadoras

En la Tabla a continuación, se presenta el evolutivo de los costos de mantenimiento de las cintas alimentadoras del horno en el proceso de fusión, relacionándolo con el patrón de carga correspondiente a cada mes evaluado (considerando el periodo Enero 2009 hasta Marzo 2010).

**Tabla 10**

Costos de mantenimiento de las cintas alimentadoras del horno de fusión.

Fecha	Costos de Mantenimiento de cinta
1-2009	10,52 %
2-2009	2,47 %
3-2009	1,45 %
4-2009	7,22 %
5-2009	3,95 %
6-2009	3,63 %
7-2009	16,95 %
8-2009	8,30 %
9-2009	1,60 %
10-2009	10,85 %
11-2009	7,00 %
12-2009	12,60 %
1-2010	8,37 %
2-2010	1,60 %
3-2010	3,48 %

**Fuente:** Informe de Gestión Industrial – Ing. Industrial – Sidor.

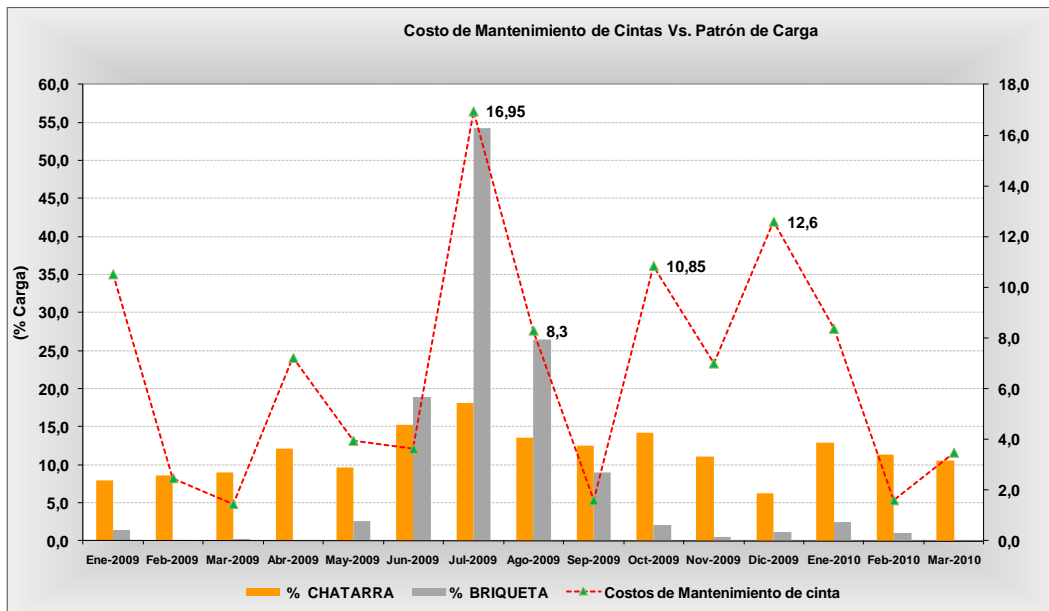
La tabla 10 muestra los costos generados por mantenimientos de cintas solo y exclusivamente de mano de obra, esta se expresa en porcentaje debido a la confidencialidad de los datos otorgados; este porcentaje se refiere a la parte de representa de la suma total de los costos de mantenimiento para el tiempo comprendido desde Enero 2009 hasta Marzo 2010.

$$\% \text{ DE COSTOS} = (\text{Costos del mes} * 100) / \sum \text{COSTOS de todos los meses}$$



- Evolutivo real de Costos de mantenimiento de las cintas alimentadoras del horno de fusión.

En el Grafico 9, se puede apreciar el evolutivo real de los costos de mantenimiento de las cintas alimentadoras del horno de fusión de la A-200, para el periodo de evaluación.



**Gráfico 9:** Costos de mantenimiento de las cintas alimentadoras en HF.  
**Fuente:** Informe de Gestión Industrial – Ing. Industrial – Sidor.

Este gráfico indica que el mes que tuvo un mayor costo en el mantenimiento de fallas de cintas fue en julio del 2009 con un 16.95 % del costo total de mantenimiento desde el mes de enero del 2009 hasta marzo del 2010, debido a que los sistemas de carga de Sidor no fueron diseñados para pasar briquetas, este tipo de material acelera el daño a la cinta transportadora.



## 6.2 ESTUDIO DE UN DETERMINADO PATRÓN DE CARGA.

Para el siguiente estudio se fijo un patrón de carga específico el cual está compuesto por un 80% HRD y un 20% que será alternativo entre briqueta y chatarra por lo cual se muestra en la siguiente tabla la fijación del patrón de carga a estudiar.

**Tabla 11**

Patrón de carga a estudiar

Chatarra %	Briquetas %
20	0
19	1
18	2
17	3
16	4
15	5
14	6
13	7
12	8
11	9
10	10
9	11
8	12
7	13
6	14
5	15
4	16
3	17
2	18
1	19
0	20

**Fuente:** Informe de Gestión Industrial – Ing. Industrial – Sidor.



El patrón de carga máxima asumido para la chatarra es del 20% debido a que las normas de SIDOR, la relación máxima de HRD-CHATARRA el otro 80% que es representado por el HRD no será objeto de estudio por que se mantiene constante.

**NOTA: LA CAPACIDAD DEL HORNO DE FUSIÓN ES DE 25.5 m<sup>3</sup>.**

### 6.2.1 Rendimiento de la carga Metálica.

La presente tabla es parte fundamental en este estudio ya que nos indica la carga de cada material para cumplir con la capacidad que tiene el horno que es de un 25.5m<sup>3</sup>; la cual nos refleja el volumen de la chatarra y briquetas para el porcentaje de participación de cada una.

**Tabla 12**

Rendimiento de la carga Metálica.

	Chatarra			Briqueta			HRD		
% carga	Masa (Kg)	Volumen (m3)	% carga	Masa (Kg)	Volumen (m3)	% carga	Masa (Kg)	Volumen (m3)	Volumen Total
20%	51,5412	5,10	0%	0,00	0,00	80%	272,8181	20,38	25,48
19%	48,96414	4,84	1%	3,41	0,25	80%	272,8181	20,38	25,48
18%	46,38708	4,59	2%	6,82	0,51	80%	272,8181	20,38	25,48
17%	43,81002	4,33	3%	10,23	0,76	80%	272,8181	20,38	25,48
16%	41,23296	4,08	4%	13,64	1,02	80%	272,8181	20,38	25,48
15%	38,6559	3,82	5%	17,05	1,27	80%	272,8181	20,38	25,48
14%	36,07884	3,57	6%	20,46	1,53	80%	272,8181	20,38	25,48
13%	33,50178	3,31	7%	23,87	1,78	80%	272,8181	20,38	25,48
12%	30,92472	3,06	8%	27,28	2,04	80%	272,8181	20,38	25,48
11%	28,34766	2,80	9%	30,69	2,29	80%	272,8181	20,38	25,48
10%	25,7706	2,55	10%	34,10	2,55	80%	272,8181	20,38	25,48
9%	23,19354	2,29	11%	37,51	2,80	80%	272,8181	20,38	25,48
8%	20,61648	2,04	12%	40,92	3,06	80%	272,8181	20,38	25,48
7%	18,03942	1,78	13%	44,33	3,31	80%	272,8181	20,38	25,48
6%	15,46236	1,53	14%	47,74	3,57	80%	272,8181	20,38	25,48
5%	12,8853	1,27	15%	51,15	3,82	80%	272,8181	20,38	25,48
4%	10,30824	1,02	16%	54,56	4,08	80%	272,8181	20,38	25,48
3%	7,73118	0,76	17%	57,97	4,33	80%	272,8181	20,38	25,48
2%	5,15412	0,51	18%	61,38	4,59	80%	272,8181	20,38	25,48
1%	2,57706	0,25	19%	64,79	4,84	80%	272,8181	20,38	25,48
0%	0	0,00	20%	68,20	5,10	80%	272,8181	20,38	25,48

**Fuente:** Modelos Matemáticos – Ing. Industrial – Sidor.

Para cada porcentaje de chatarra se necesita incrementar 0,73 Kg de briquetas para mantener la misma relación de volumen





Para el cálculo del volumen ocupado por las materias primas así determinar el rendimiento se utilizaron las siguientes formulas:

$$\text{Masa de la Chatarra} = \text{PAM carga} * \text{PAM de Chatarra}$$

$$\text{Masa de la Briqueta} = \text{PAM carga} * \text{PAM de Briqueta}$$

$$\text{Masa de HRD} = \text{PAM carga} * \text{PAM de HRD}$$

$$\text{Volumen de Chatarra} = \left( \frac{\text{Masa de Chatarra} * 1000}{\text{densidad de chatarra}} * \frac{\text{rendimiento de la Chatarra}}{100} \right) * \text{rendimiento de la carga}/100$$

$$\text{Volumen de Briqueta} = \left( \frac{\text{Masa de Briqueta} * 1000}{\text{densidad de chatarra}} * \frac{\text{rendimiento de la Briqueta}}{100} \right) * \text{rendimiento de la carga}/100$$

$$\text{Volumen de HRD} = \left( \frac{\text{Masa de HRD} * 1000}{\text{densidad de chatarra}} * \frac{\text{rendimiento de HRD}}{100} \right) * \text{rendimiento de la carga}/100$$

Haciendo uso de los valores que se observan en la siguiente tabla:

**Tabla 13**

Características de la carga Metálica.

	Carga	Chatarra	HBI	HRD
PAM (Tn/Tn)	1,251	1,03	1,363	1,363
Dens. (Kg/M3)	---	7850	2700	1800
Rend. (%)	79,94	97,09	73,37	73,37



### 6.2.2 Consumo vs. Patrón de carga metálica

En la siguiente tabla se muestra el consumo de la cal, refractario, electrodo energía eléctrica y la puesta al mil, para la carga.

**Tabla 14**  
Consumo vs. Patrón de carga metálica.

% Chatarra	% Briquetas	Cal (Kg/Tal)	Refractario (Kg/Tal)	Electrodo (Kg/Tal)	Energía electrica (Kwh/Tal)	PAM (Kg/Ton)
20	0	79,6	4,70	1,62	700,5	1,232
19	1	80,5	4,78	1,63	705,6	1,235
18	2	81,4	4,86	1,64	710,7	1,237
17	3	82,3	4,94	1,65	715,8	1,239
16	4	83,2	5,02	1,66	720,9	1,241
15	5	84,1	5,10	1,67	726,0	1,243
14	6	85,0	5,18	1,68	731,1	1,245
13	7	85,9	5,26	1,69	736,2	1,248
12	8	86,8	5,34	1,70	741,3	1,250
11	9	87,7	5,42	1,71	746,4	1,252
10	10	88,6	5,50	1,72	751,5	1,254
9	11	89,5	5,57	1,73	756,6	1,256
8	12	90,4	5,65	1,74	761,7	1,259
7	13	91,3	5,73	1,75	766,8	1,261
6	14	92,2	5,81	1,76	771,9	1,263
5	15	93,1	5,89	1,77	777,0	1,265
4	16	94,0	5,97	1,78	782,1	1,267
3	17	94,9	6,05	1,79	787,2	1,269
2	18	95,8	6,13	1,8	792,3	1,272
1	19	96,7	6,21	1,81	797,4	1,274
0	20	97,6	6,29	1,82	802,5	1,276

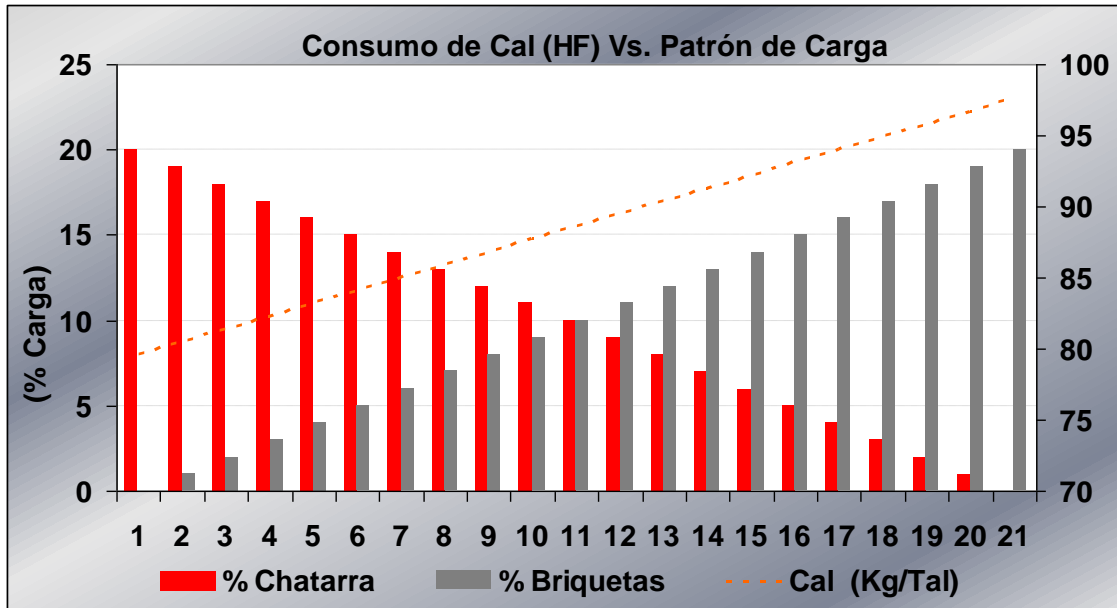
**Fuente:** Modelos Matemáticos – Ing. Industrial – Sidor.

En la tabla 14; se presenta los consumos solo para el 20% del patrón de carga que estará siendo ocupado de forma alternativa entre la chatarra y la briqueta, estos datos fueron obtenidos por medio del programa de simulación interno el cual ha sido adaptado al patrón de carga para que nos diga cuanto refleja en consumo de cal, refractario, electrodo así como la puesta al mil y la generación de escoria para determinado patrón de carga.



- Consumo de cal con patrón de carga a evaluar en los Hornos de fusión.

En el siguiente gráfico se observa el consumo de cal para cada patrón de carga metálico.



**Gráfico 10:** consumo de cal.

**Fuente:** Modelos Matemáticos – Ing. Industrial – Sidor.

Para este gráfico se muestra que a medida que va disminuyendo el consumo de briqueta también disminuye el consumo de cal. En otras palabras, a mayor carga de briqueta mayor consumo de cal, lo cual por cada 1% de briqueta significa aumentar 0,9 Kg./TAL de cal.

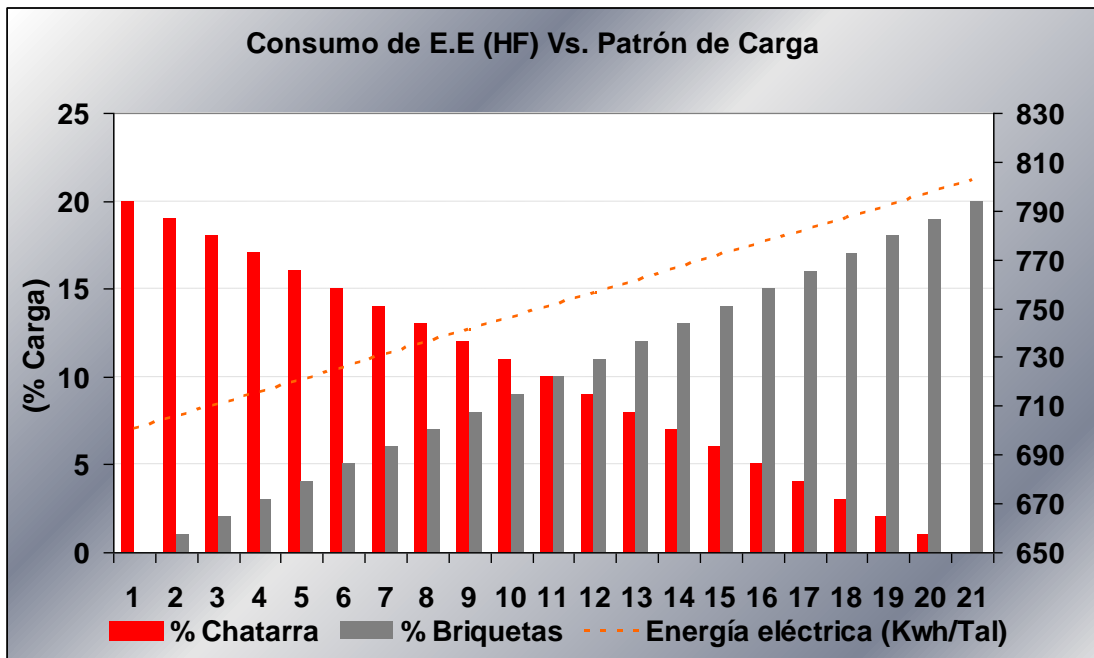
NOTA:

TAL= Toneladas de Acero Líquido



- Consumo de Energía Eléctrica con patrón de carga a evaluar en los Hornos de fusión.

El consumo de Energía eléctrica para cada patrón de carga metálico se observa en la siguiente gráfica.



**Gráfico 11: Consumo de electricidad**

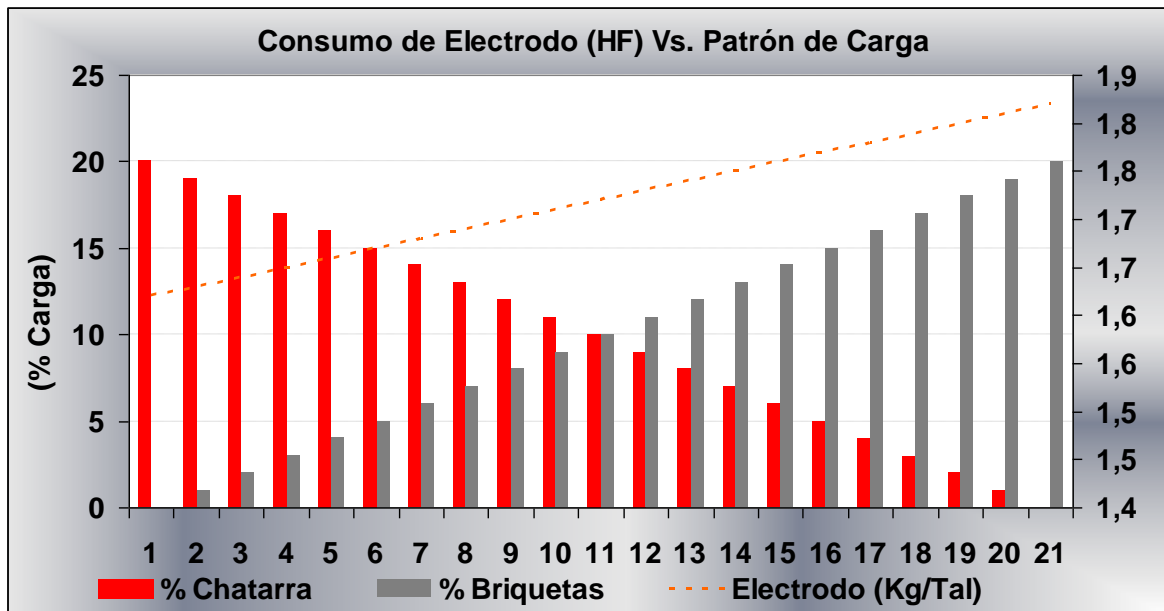
**Fuente:** Modelos Matemáticos – Ing. Industrial – Sidor.

En el siguiente gráfico se muestra que a medida que va disminuyendo el consumo de briqueta también disminuye el consumo de energía eléctrica, en otras palabras a mayor carga de briqueta mayor consumo de electricidad, lo cual significa que por cada 1% de briqueta significa aumentar 5.1 Kwh/TAL. de electricidad.



- Consumo de Electrodo con patrón de carga a evaluar en en los Hornos de fusión..

El consumo de Electrodos para cada patrón de carga metálico en los hornos de fusión de arco eléctrico se observa en la siguiente gráfica.



**Gráfico 12:** Consumo de electrodo.

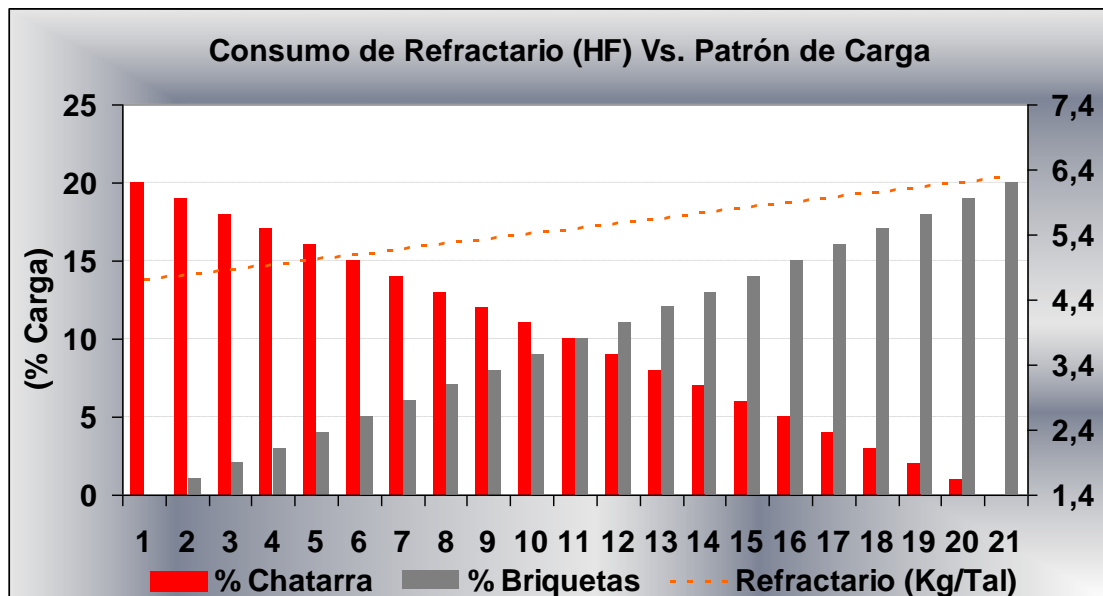
**Fuente:** Modelos Matemáticos – Ing. Industrial – Sidor.

En el siguiente gráfico se muestra que ha medida que va disminuyendo el consumo de briqueta también disminuye el consumo de electrodo, en otras palabras a mayor carga de briqueta mayor consumo de electrodos, lo cual por cada 1% de briqueta significa aumentar 0.01 Kg/TAL. de electrodo.



- Consumo de Refractario con patrón de carga a evaluar en los Hornos de fusión.

El comportamiento del consumo de refractario para el patrón de carga metálico elegido a estudiar se muestra en la siguiente gráfica.



**Gráfico 13:** consumo de refractario

**Fuente:** Modelos Matemáticos – Ing. Industrial – Sidor.

En el siguiente gráfico se muestra que a medida que va disminuyendo el consumo de briqueta también disminuye el consumo de refractario, en otras palabras a mayor carga de briqueta mayor consumo de refractario, lo cual por cada 1% de briqueta significa aumentar 0.08 Kg./TAL

$$C. de Refrac. = Consumo de Refractario$$

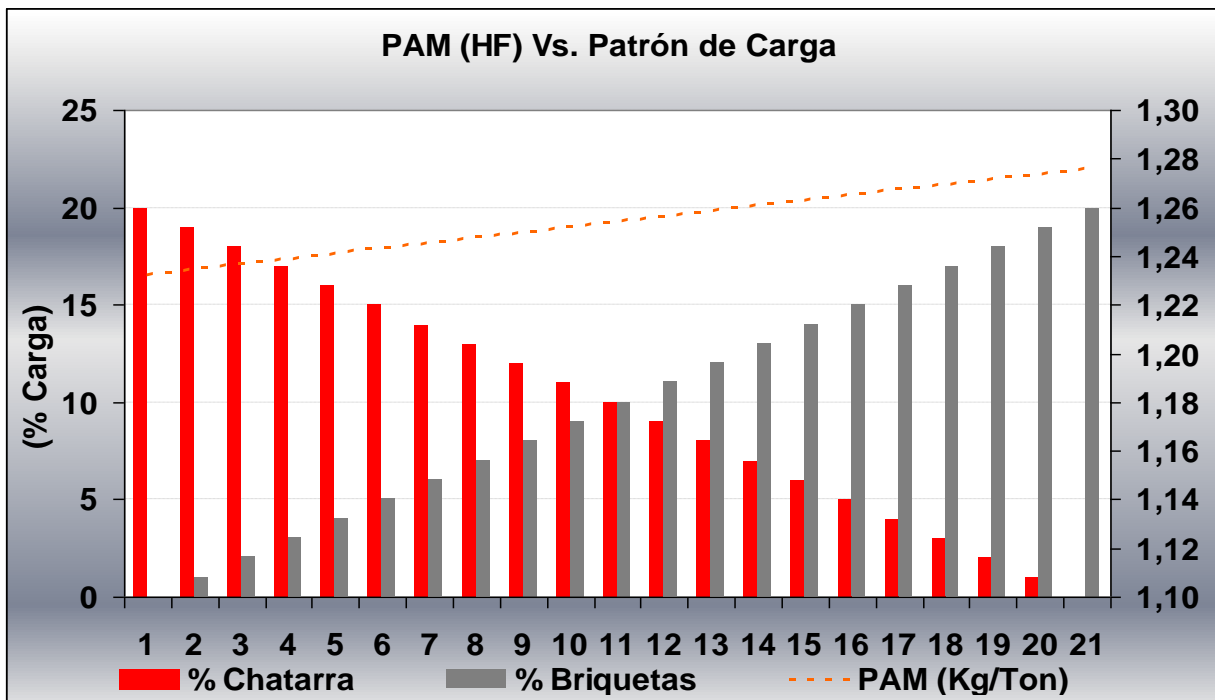
$$Interceptado = 5.00957191, variable1 = -0.015592333 \text{ y } variable2 = 0.0640627$$

$$C. de Refrac. = interceptado + variable1 * \% \text{ briqueta} + variable2 * \% \text{ Chatarra}$$



- Puesta al mil para patrón de carga a evaluar en los Hornos de fusión.

La puesta al mil se refleja en la siguiente gráfica para cada uno de los patrones de carga metálica en los hornos de fusión de esta acería.



**Gráfico 14:** puesta al mil.

Fuente: Modelos Matemáticos – Ing. Industrial – Sidor.

En este gráfico se muestra que a medida que va disminuyendo el consumo de briqueta también disminuye la Puesta al Mil, dicho de otro modo a mayor carga de briqueta mayor carga metálica se necesita para producir 1 Ton de acero líquido, lo cual significa que para cada 1% de briqueta significa aumentar 0.002 Kg/TAL adicionales para cada tonelada de acero líquido.



### 6.2.3 Costos por variable.

El siguiente cuadro nos muestra la información arrojada por los programas de simulación internos utilizados por la empresa.

**Tabla 15**

Costos por variable.

% Chatarra	% Briquetas	Chatarra (\$)	HBI (\$)	Cal (MUS\$)	Electrodo (MUS\$)	Refractario (MUS\$)	Energía Eléctrica (MUS\$)
20	0	9287,75	0,00	2,48	2,62	2,94	1,98
19	1	8823,36	388,88	2,50	2,63	2,99	2,00
18	2	8358,98	777,76	2,53	2,65	3,04	2,01
17	3	7894,59	1166,64	2,56	2,66	3,09	2,03
16	4	7430,20	1555,51	2,59	2,68	3,14	2,04
15	5	6965,81	1944,39	2,62	2,70	3,19	2,06
14	6	6501,43	2333,27	2,64	2,71	3,24	2,07
13	7	6037,04	2722,15	2,67	2,73	3,29	2,08
12	8	5572,65	3111,03	2,70	2,75	3,34	2,10
11	9	5108,26	3499,91	2,73	2,76	3,38	2,11
10	10	4643,88	3888,78	2,76	2,78	3,43	2,13
9	11	4179,49	4277,66	2,78	2,79	3,48	2,14
8	12	3715,10	4666,54	2,81	2,81	3,53	2,16
7	13	3250,71	5055,42	2,84	2,83	3,58	2,17
6	14	2786,33	5444,30	2,87	2,84	3,63	2,19
5	15	2321,94	5833,18	2,90	2,86	3,68	2,20
4	16	1857,55	6222,06	2,92	2,87	3,73	2,21
3	17	1393,16	6610,93	2,95	2,89	3,78	2,23
2	18	928,78	6999,81	2,98	2,91	3,83	2,24
1	19	464,39	7388,69	3,01	2,92	3,88	2,26
0	20	0,00	7777,57	3,04	2,94	3,93	2,27

**Fuente:** Modelos Matemáticos – Ing. Industrial – Sidor.

Esta tabla refleja el costo de cada patrón de carga con su respectivo consumo; es decir, su costo de chatarra, briquetas, energía eléctrica, electrodos, refractario y cal.

*Costo de carga de chatarra = consumo de chatarra \* costo por Kg de chatarra*

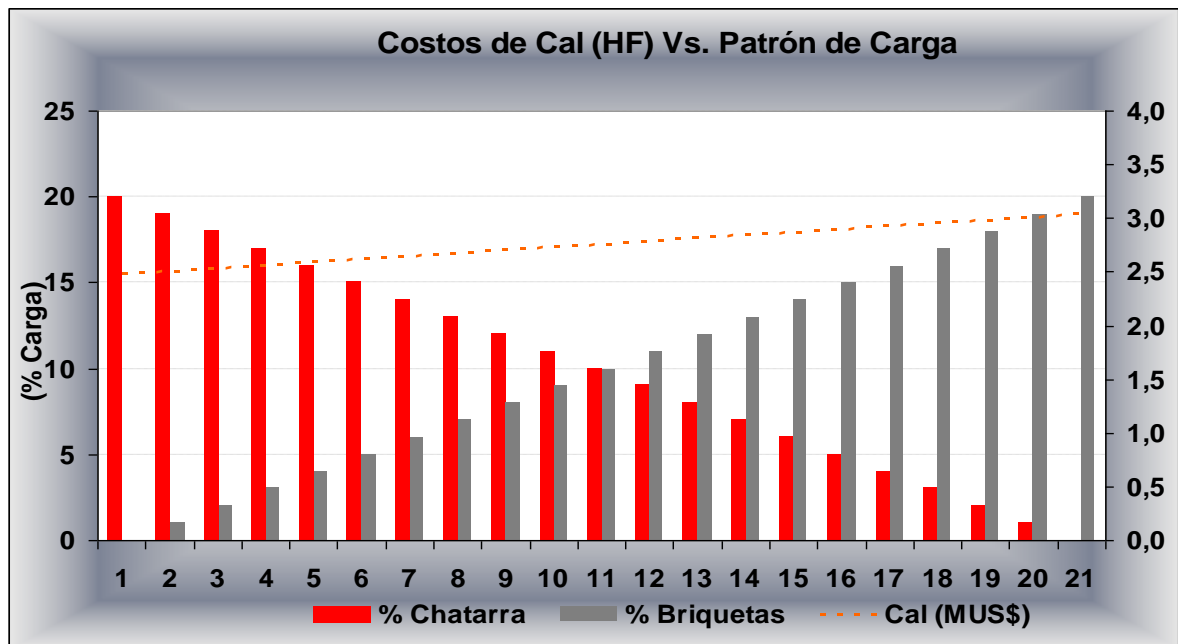
*Costo de carga de briquetas = consumo de briquetas \* costo por Kg de briquetas*





- Costo de cal para patrón de carga a evaluar en en los Hornos de fusión.

En la siguiente grafica se muestra el costo del consumo de cal para los distintos patrones de carga establecidos.



**Gráfico 15:** Costos de cal.

Fuente: Modelos Matemáticos – Ing. Industrial – Sidor.

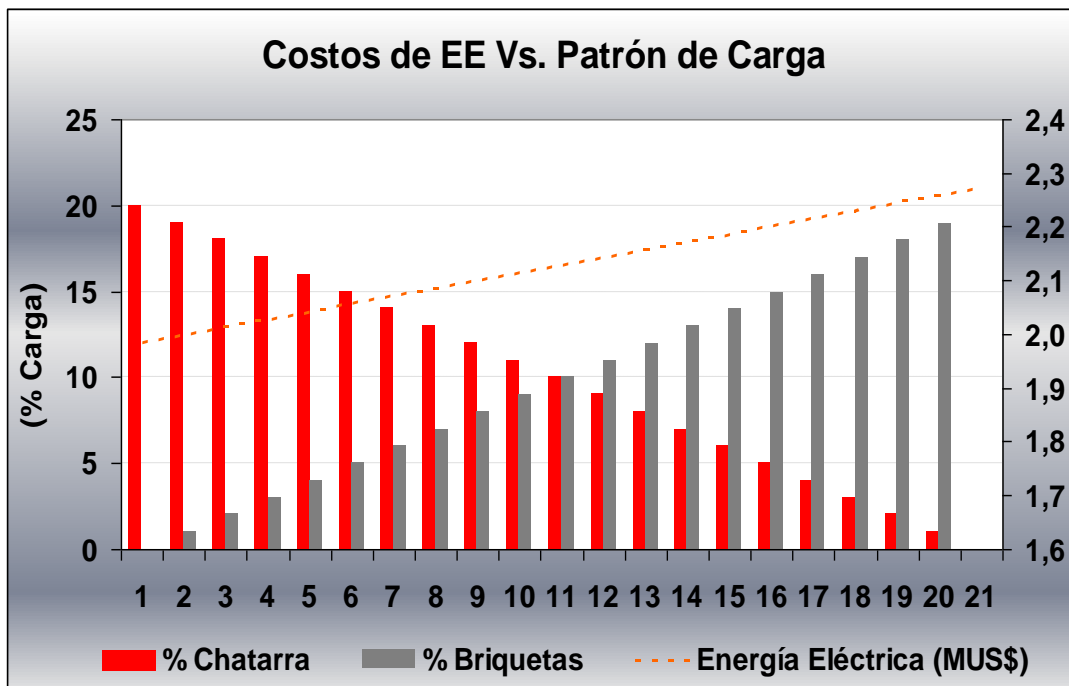
En este gráfico se visualiza el costo de cal a medida que aumentamos el consumo de chatarra, el cual es directamente proporcional.

$$\text{Costo de carga de cal} = \text{consumo de cal} * \text{costo por Kg de cal}$$



- Costo de Energía Eléctrica para patrón de carga a evaluar en los Hornos de fusión.

El costo del consumo de energía eléctrica se visualiza en la siguiente gráfica.



**Gráfico 16:** Costos de energía eléctrica  
**Fuente:** Modelos Matemáticos – Ing. Industrial – Sidor.

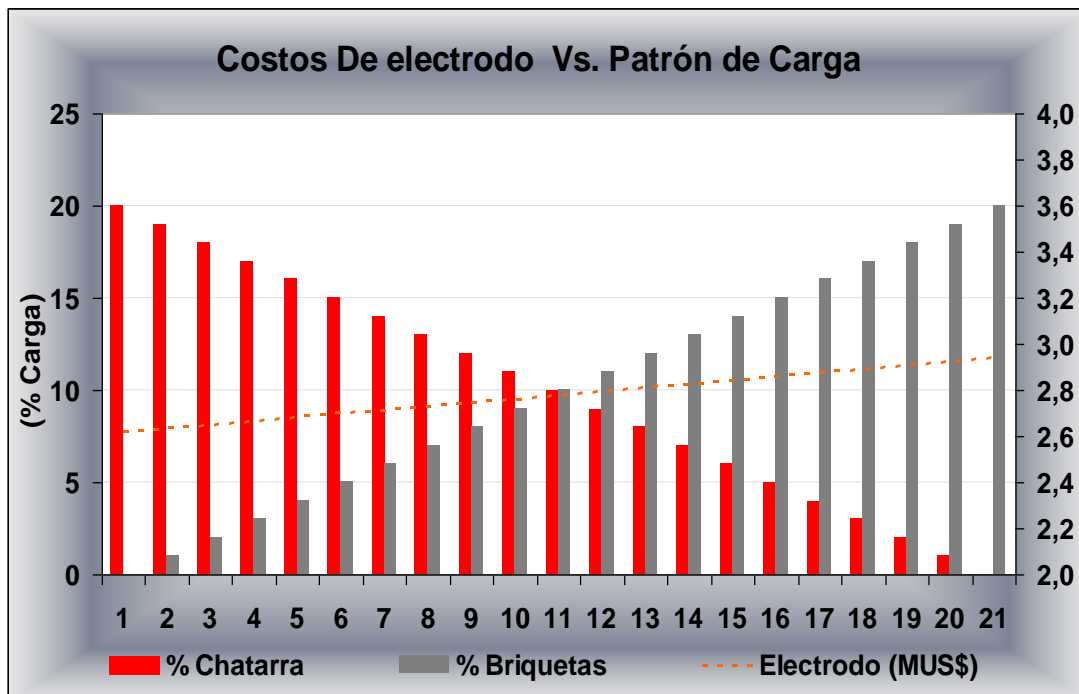
En este gráfico se visualiza el costo de la energía eléctrica aumenta cuando a su vez aumenta el consumo de briqueta.

$$\text{Costo de carga de energía e.} = \text{consumo de energía e.} * \text{costo por } \frac{\text{Kw}}{\text{h}} \text{ de energía e.}$$



- Costo de Electrodo para patrón de carga a evaluar en los Hornos de fusión.

En el siguiente gráfico se muestran los costos del consumo de electrodo según el patrón de carga.



**Gráfico 17:** costos de electrodo.

**Fuente:** Modelos Matemáticos – Ing. Industrial – Sidor.

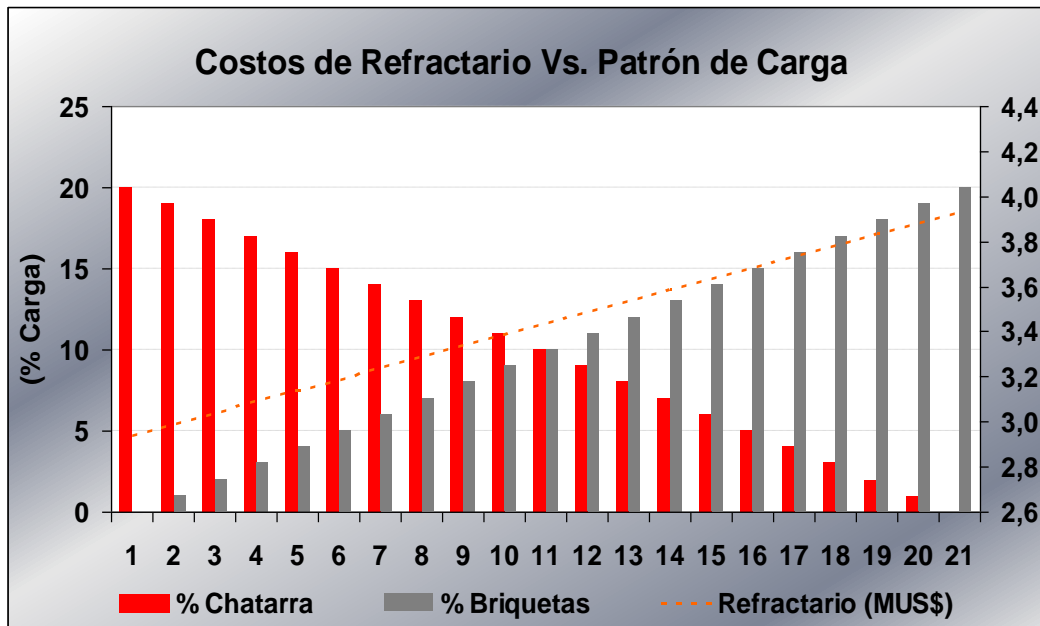
En este gráfico se visualiza el costo del electrodo el cual su comportamiento va en aumento a medida que incrementa el consumo de chatarra.

$$\text{Costo de carga de electrodo} = \text{consumo de electrodo} * \text{costo por Kg de electrodo}$$



- Costo de Refractario para patrón de carga a evaluar en los Hornos de fusión.

El costo del consumo de refractario en los hornos de fusión de arco eléctrico de esta acería, se muestran en la siguiente gráfico.



**Gráfico 18:** Costos de refractario

Fuente: Modelos Matemáticos – Ing. Industrial – Sidor.

En este gráfico se refleja el costo de cal en cual se observa que a medida que aumentamos el consumo de chatarra el consumo de cal en los hornos de la acería de planchones.

$$\text{Costo de carga de Ref} = \text{consumo de Refractario} * \text{costo por Kg de refractario}$$



#### 6.2.4 Costo del 20% del patrón de carga

La siguiente tabla nos muestra el costo que representa cada patrón de carga que se emplea; donde se suman los costos de la carga metálica (chatarra y briquetas) más la de las variables a estudiar (cal, energía eléctrica, electrodo y refractario).

**Tabla 16**

Costo del 20% del patrón de carga

Chatarra %	Briquetas %	Costo de una colada (MUS\$)
20	0	19,30
19	1	19,34
18	2	19,37
17	3	19,40
16	4	19,43
15	5	19,47
14	6	19,50
13	7	19,53
12	8	19,56
11	9	19,60
10	10	19,63
9	11	19,66
8	12	19,70
7	13	19,73
6	14	19,76
5	15	19,79
4	16	19,83
3	17	19,86
2	18	19,89
1	19	19,92
0	20	19,96

**Fuente:** Modelos Matemáticos – Ing. Industrial – Sidor.

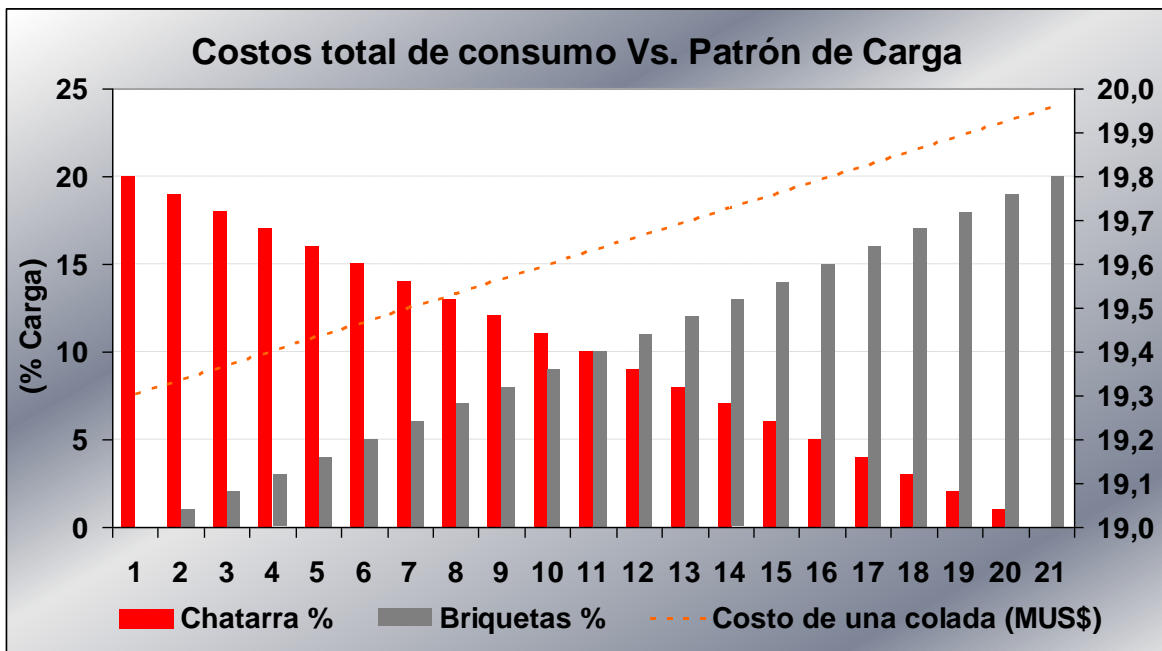
En esta tabla se hace visible el costo total del patrón es decir la suma de todos los insumos más lo de la materia prima.

$$\text{Costo de patrón de carga} = \sum \text{costos (chatarra + briqueta + cal + electrodo + energía eléctrica + refractario)}$$



- Costo del 20% del patrón de carga metálica sometido a evaluación en los Hornos de fusión.

La sumatoria de todos los costos que se generan por colada, de acuerdo a las variables planteadas para este estudio, este costo total para cada patrón de carga se muestra en la siguiente gráfica.



**Gráfico 19:** costos total del 20% del patrón de carga.

Fuente: Modelos Matemáticos – Ing. Industrial – Sidor.

En este gráfico se visualiza el costo total de los consumos, servicios y materia prima y como se ha venido observando que va disminuyendo el costo de toda la carga a medida que aumenta el consumo de chatarra.



### 6.2.5 Generación de escoria

La generación de escoria generada para cada patrón de carga se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 17**

#### Generación de escoria

% Chatarra	% Briquetas	Generación de Escoria (kg)
20	0	54,80
19	1	55,33
18	2	55,86
17	3	56,39
16	4	56,92
15	5	57,45
14	6	57,98
13	7	58,51
12	8	59,04
11	9	59,57
10	10	60,10
9	11	60,63
8	12	61,16
7	13	61,69
6	14	62,22
5	15	62,75
4	16	63,28
3	17	63,81
2	18	64,34
1	19	64,87
0	20	65,40

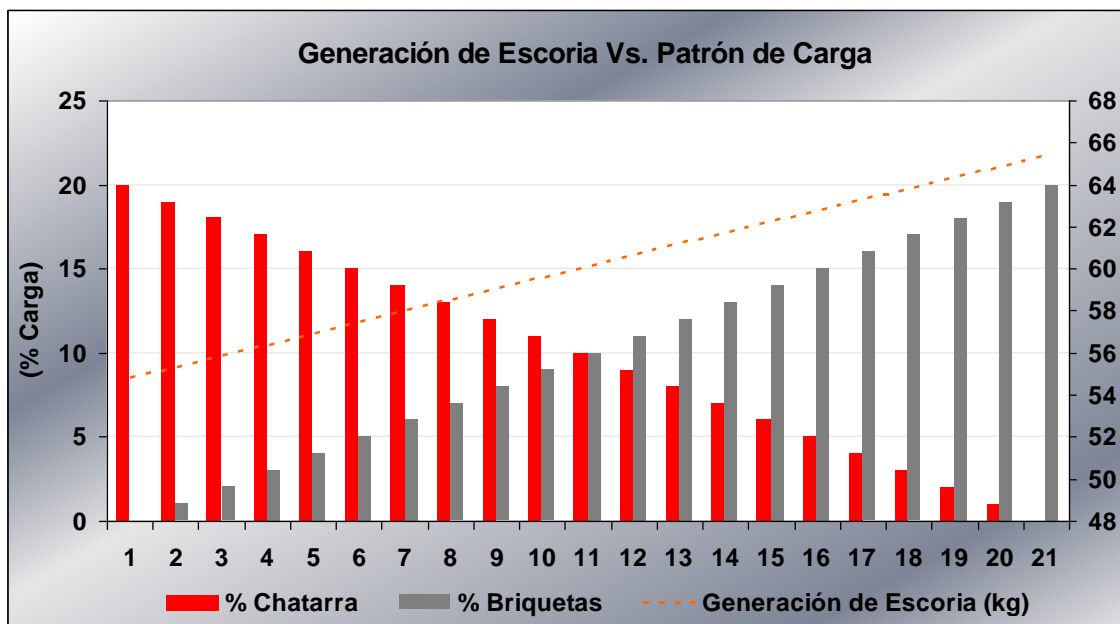
**Fuente:** Modelos Matemáticos – Ing. Industrial – Sidor.

Esta tabla nos indica que mientras mayor sea la cantidad de briqueta mayor será la generación de escoria.



- Generación de escoria para patrón de carga a evaluar en los Hornos de fusión.

En la siguiente gráfica se observa el comportamiento de la generación de escoria en los hornos de fusión de arco eléctrico para cada uno del patrón de carga metálico establecidos en este estudio.



**Gráfico 20:** Generación de escoria.

**Fuente:** Modelos Matemáticos – Ing. Industrial – Sidor.

En este gráfico se muestra que a medida que aumenta el consumo de briquetas aumenta la generación de escoria; si bien la generación de escoria es importante para el proceso de fusión una producción excesiva genera otro tipo de costos y otras demoras operativas como por ejemplo la necesidad de aumentar la frecuencia de cambio de potes de escoria el cual genera demoras en el horno.





### 6.2.6 Costo del los Insumos Vs. Costos de la carga Metálica.

En la siguiente tabla se muestra el costo de la carga y de los insumos para un determinado patrón de carga.

**Tabla 18**

Costo del los Insumos Vs. Costos de la carga Metálica.

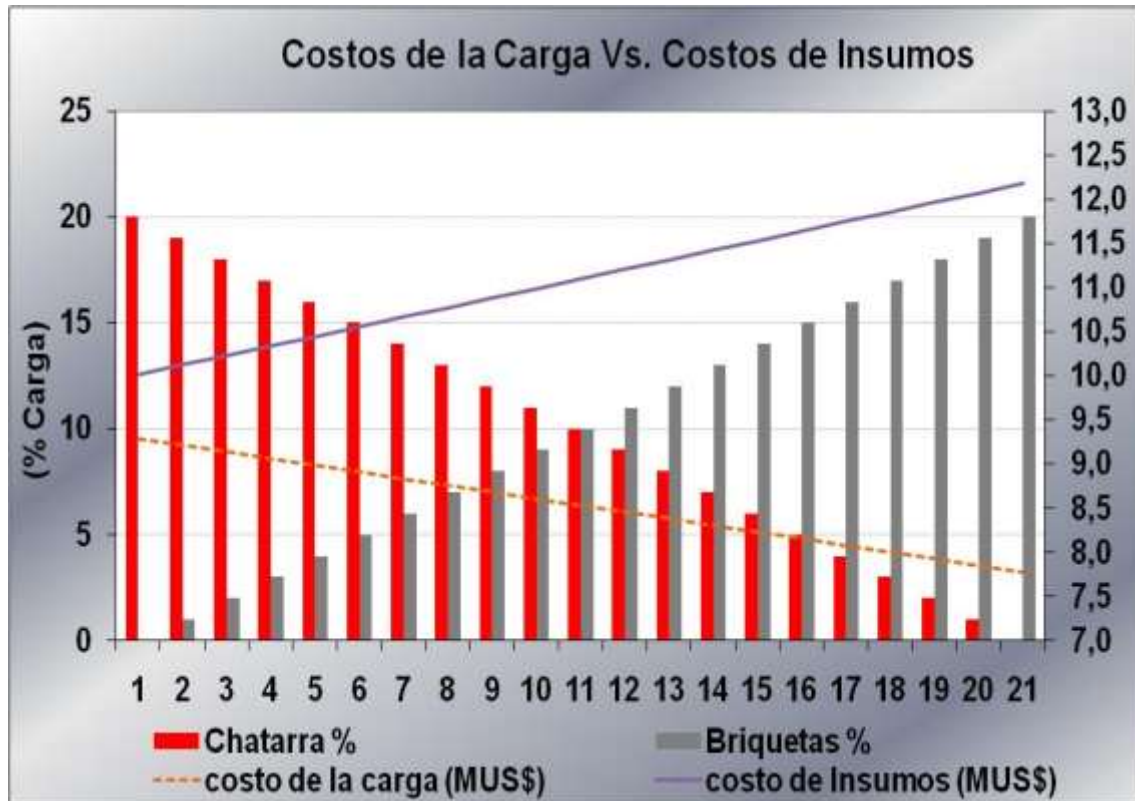
% Chatarra	% Briquetas	Costo de la carga (MUS\$)	Costo de Insumos (MUS\$)
20	0	9,29	10,02
19	1	9,21	10,12
18	2	9,14	10,23
17	3	9,06	10,34
16	4	8,99	10,45
15	5	8,91	10,56
14	6	8,83	10,66
13	7	8,76	10,77
12	8	8,68	10,88
11	9	8,61	10,99
10	10	8,53	11,10
9	11	8,46	11,21
8	12	8,38	11,31
7	13	8,31	11,42
6	14	8,23	11,53
5	15	8,16	11,64
4	16	8,08	11,75
3	17	8,00	11,85
2	18	7,93	11,96
1	19	7,85	12,07
0	20	7,78	12,18

**Fuente:** Modelos Matemáticos – Ing. Industrial – Sidor.



- Costo de la carga metálica vs. Costos de Insumos en los Hornos de fusión.

En esta gráfica se muestra el costo total separado en dos; costo de insumos y costo de la carga metálica generados en Hornos de fusión de arco eléctrico.



**Gráfico 21:** Costos de la carga metálica Vs. Costos de Insumos.

**Fuente:** Modelos Matemáticos – Ing. Industrial – Sidor.

En este gráfico se observa que a medida que aumenta el consumo de briqueta tiende a aumentar el costo de insumos pero el costo de la carga disminuye debido al valor elevado que posee la chatarra en comparación de la briqueta.



## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos de esta investigación se presentan las principales conclusiones:

1. El conjunto de datos reales tomados para el respectivo estudio del consumo de las variables(cal, energía eléctrica, electrodo y refractario); se observó que hubo meses que se vieron afectados por factores externos al proceso, lo cual mostró un consumo distinto al esperado lo cual nos hizo limitar el tiempo de observación y fijarnos en los meses de junio, julio y agosto que demuestran la experiencia obtenida en planta, lo cual reflejan un aumento para cada una de estas variables señaladas con el aumento de briquetas al horno.
2. El comportamiento de la puesta al mil para los meses de junio, julio y agosto aumenta debido al consumo de briquetas.
3. Las fallas mecánicas durante este periodo aumenta de manera proporcional al igual que las demoras, generación de finos y escoria.
4. Los costos de mantenimientos de las fallas en el horno se van incrementando a medida que se aumenta el consumo de briquetas.
5. El rendimiento de la chatarra es más favorable que el de la briqueta: se necesita más masa de briqueta para sustituirla por cada 1% de chatarra, debido a que la densidad de la chatarra  $7.85 \text{ gr/cm}^3$  y la densidad de la briqueta  $2.7 \text{ gr/cm}^3$ , es decir por cada  $\text{cm}^3$  la chatarra ocupa 7,85 mientras que la briqueta solo 2.7 por lo que se necesitarían 5.15 gr extra de briqueta para ocupar el  $\text{cm}^3$  que ocupa la chatarra; esto a su vez indica que la



puesta al mil va a ir disminuyendo a medida que incrementa el consumo de chatarra por las razones ya mencionadas, es decir es menor la cantidad de chatarra utilizada para producir una tonelada de acero líquido.

6. Los consumos de gran relevancia en las actividades realizadas para la fabricación del acero líquido como lo son los electrodo, electricidad, refractario y cal aumentan de forma progresiva cuando aumentan el consumo de briquetas, resultado aunado con los arrojados en el rendimiento de la chatarra y la briqueta y a su vez en los costos de producción indican que se tendrá un mayor impacto económico al utilizar la briqueta en la producción acero por su grandes costos.
7. Se puede determinar que no hay un patrón de carga óptimo de consumo de porcentaje de briquetas en las cesta ya que a pesar de que se disminuye el costo del patrón de carga con el aumento de carga de briquetas se generan unos extras costos en las demás variables que superan el ahorro de la carga señalada.
8. El uso de briquetas en los hornos de fusión elevan el tiempo de producción, es por esto que el patrón de carga mas conveniente para la acería es el aquel que carezca de presencia de briquetas por lo cual seria el 80% de HRD Y 20% de chatarra. Esto quiere decir que la factibilidad de cambiar la chatarra por briquetas es una cuestión económicamente negativa, por lo cual traería perdidas a la empresa.



## RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se recomienda tomar en consideración las siguientes acciones:

- 1 Condicionar los hornos para aceptar cualquier tipo de material, de manera tal que se le pueda hacer frente a cualquier situación posible que ocurra en la planta e impida la utilización de algún material en específico y el uso de otro no acarree grandes costos, demoras entre otras dificultades.
  
- 2 Es necesario realizar un estudio más detallado del proceso de producción de acero líquido en la acería de planchones, donde mas allá de solventar este problema de sustitución de chatarra por briquetas, se busque reducir costos en cualquier etapa del proceso que fuere necesario basándose en el funcionamiento pleno de la planta; como se pueden plantear diversos estudios entre ellos:
  - 2.1 Estudios de tiempo en lo que se refiere a la carga del horno, a cada una de las etapas del proceso por separado y a la duración del proceso en forma general, etc.
  
  - 2.2 Un estudio de planificación de producción de lo que se puede producir en la acería así motivándose a plantearse visiones en mejoras de la producción.
  
  - 2.3 Un estudio de minimización de costo donde se tomen en cuenta los diversos materiales que participan en el proceso de producción los cuales



podrían acortar el tiempo de fundición del horno así como estudiar posibles sustitutos, es decir considerar el estudio el consumo de oxidantes, fundentes, escorificantes, agentes de hervido, aliantes, desulfurantes, reductores, recarburantes, etc.

- 2.4 Realizar un estudio considerando consumos reales dentro de la planta para así determinar el factor de incrementos por cada patrón de carga siempre considerando las nuevas variables así como las que fueron estudiadas dentro de este trabajo (cal, refractario, energía eléctrica, electrodo, la chatarra y la briqueta).
- 3 Considerar un patrón de carga mucho mas variable donde el HRD tome otros valores y se mantenga fija el uso de chatarras y le den paso al uso de la briqueta debido a que es un producto nacional y a su vez la briqueta es un material casi totalmente hierro exento de material contaminante posee propiedades para eliminar elementos perjudiciales e imposibles de eliminar como lo son el níquel estaño, cobre, entre otros.
- 4 Clasificar la chatarra a utilizar por sus propiedades físicas y químicas ya que al cumplir los siguientes requisitos: (debe ser gruesa y masiva, su aleación debe ser pequeña para disminuir el proceso de oxidación y evitar problemas en la laminación, la chatarra debe contener alto carbono para que no sea necesario las inyecciones de carbono que es necesario para obtener la escoria espumosa desfosforada), se obtiene un ahorro en el proceso de producción.
- 5 Buscar una forma de aprovechamiento de desechos que se generan durante la fabricación de aceros en los hornos de arco eléctrico en la acería de planchones, como el caso de la generación de escoria.



- 6 Mantener una investigación constante en el mercado sobre nuevos productos innovadores que ayuden a economizar los costos de producción.
  
- 7 Medir normalmente la relación insumo/producto.
  
- 8 Aumento de la productividad, al disminuir el tiempo de colada a colada, mediante:
  - 8.1 El empleo del precalentamiento de chatarra, mediante los humos procedentes del horno, tiene como consecuencia una disminución en el consumo de energía eléctrica, así como un acortamiento del tiempo entre coladas y un menor consumo de electrodos. (según: información de energía).
  
  - 8.2 Precalentar la briqueta antes de consumirla, mediante el aprovechamiento de los gases siderúrgicos.
  
- 9 Adecuar el sistema de transportación de materiales de los hornos con el fin de pasar briquetas así como adecuar los procesos de fusión de manera que se logre disminuir los extra costo generados en todas las variables con ello se podría establecer un punto del patrón de carga de briquetas óptimo aprovechando su menor impacto en el costo de la carga metálica.
  
- 10 Repetir el estudio en caso de haber variación en los precios de la chatarra y la briqueta en el mercado; ya que de acuerdo a la brecha que halla entre ambos pudiera ser factible o no la sustitución de briquetas por chatarra en la cesta.



## GLOSARIO DE TERMINOS

### Acería:

Instalación industrial destinada a la producción de acero líquido y su solidificación en Lingotes, Tochos, Palanquillas, Planchones o algunas formas cercanas a la final.

### Briquetas:

Masa compacta regular en forma regular en forma de almohadilla constituida por finos, gruesos o pellas de mineral de hierro, según la tecnología de reducción directa utilizada para su manufactura, cuya cohesión se logra mediante materiales aglutinantes y presión por vía mecánica.

### Carga:

Materia prima en la forma de chatarra y/o de otros materiales que contienen hierro, como el HRD, que conjuntamente con algunos aditivos se coloca en el horno para su fusión.

### Carga eléctrica:

En un Horno Eléctrico de Arco, se refiere a la potencia total que fluye hacia el horno durante el ciclo de fusión.

### Carga Metálica:

Es el material metálico formado por la chatarra, el HRD, HBI y chips.

### Cesta:

Recipiente Metálico utilizado para cargar la chatarra al horno.



**Chatarra:**

Material metálico (hierro) de desecho utilizado como aporte de hierro en las operaciones de aceración.

**Colada Continúa:**

Consiste en el vaciado de acero líquido contenido en el cucharón dentro del molde de fondo abierto y con paredes refrigeradas internamente por circulación de agua a presión.

**Consumo de electrodo:**

El uso de electrodos expresado en el consumo de grafito por tonelada de hierro y/o acero (kg/t, lb/t, etc.) producido en un Horno Eléctrico de Arco.

**Cuba:**

Parte de un horno que contiene un metal fundido.

**Cucharón:**

Recipiente en forma cilíndrica, cuyas paredes están revestidas con refractarios y que se utiliza para recibir y/o transportar un metal fundido.

**Electrodo de grafito:**

Un conductor eléctrico de forma cilíndrica fabricado de grafito y concebido para conducir corriente eléctrica a los hornos de arco.

**Electrodo de Horno Eléctrico de Arco:**

Conductor eléctrico consumible manufacturado con grafito fabricado con forma cilíndrica y de diversos diámetros y longitudes. Los electrodos se unen para formar una columna que va desde los brazos porta electrodos en la parte superior de los hornos hasta la carga en el horno.

**Hierro:**

Es un metal pesado y uno de los de los elementos metálicos más abundantes. Constituye alrededor del 4 al 6% de la corteza terrestre y es el más importante de los metales. Presente en estado nativo en la antigüedad y ocasionalmente en algunos meteoros, actualmente se extrae de sus minerales en forma de óxido. Estos minerales son reducidos en altos hornos con la participación, de, entre otros, el coque y la caliza para producir arrabio o reducido en Hornos de Reducción Directa para producir Hierro de Reducción Directa (HRD); ambos constituyen materias primas para la fabricación de acero.

**Hierro de reducción directa:**

Término genérico aplicado al producto de cualquiera de los procesos industriales de Reducción Directa y se refiere al producto metálico obtenido de la reducción del mineral de hierro u óxidos de hierro a temperaturas inferiores a la de fusión del hierro.

**Horno Eléctrico de Arco:**

Para los efectos de este glosario, el término se refiere al tipo de horno eléctrico de arco directo, el cual es un equipo flexible para fundir cargas metálicas, cuya utilización se está extendiendo para la producción de acero y diferentes aleaciones. En este horno, que utiliza energía eléctrica para generar el arco productor de calor, la carga es parte del circuito eléctrico. Otros tipos de hornos de arco son los de arco indirecto y de arco sumergido.

**Insufla:**

Es la acción de introducir, a soplos o inyectados, un gas, un vapor o una sustancia en polvo dentro de una cavidad

**Masas Apisonables:**

Son mezclas que antes de su aplicación se encuentran en fase granulada y que pueden contener aglomerantes agregados.

**Materias primas:**

Todos aquellos elementos físicos que es imprescindible consumir durante el proceso de elaboración de un producto, de sus accesorios y de su envase. Esto con la condición de que el consumo del insumo debe guardar relación proporcional con la cantidad de unidades producidas.

**Reacción exotérmica:**

Es cualquier reacción química que desprende energía.

**Refractario:**

Material que puede ser utilizado en la construcción del interior de un horno donde se requiere que soporte (a) los efectos de la alta temperatura de manera que no se ablande o funda ni se fracture con los cambios de temperatura; (b) la acción química de la carga caliente y escoria dentro del horno o de los gases; (c) la acción erosiva del combustible, carga del horno o la alta velocidad de los gases; y (d) los esfuerzos mecánicos como consecuencia del peso de la carga.

**Vitrificación:**

Es el proceso de conversión de un material en un sólido amorfo similar al vidrio, carente de toda estructura cristalina. Esto se consigue por medio de calentamiento o enfriamiento muy rápido o mediante la mezcla con un aditivo.

**LD:**

Es un método de producir acero en el cual el hierro fundido rico en carbono se transforma en acero. El proceso es una mejora sobre el proceso de Bessemer históricamente importante.



---

## BIBLIOGRAFIA

- Rosa Rojas De Narváez. (1997). **Orientaciones Prácticas para la elaboración de Informes de Investigación**. Segunda edición.
- **Técnicas de investigación y Documentación e investigación I**. Estudios Generales. Universidad Nacional Abiertas. Caracas.
- José Luis Enríquez Berciano, Enrique Tremps Guerra, Daniel Fernández Segovia, Susana de Elío de Bengy. **Monografías sobre Tecnología del Acero. Parte I. ACERÍA ELÉCTRICA**. Universidad Politécnica de Madrid. Noviembre (2009).
- Fabozzi, Frank; Polimeni, Ralph; Adelberg, Arthur. **Contabilidad de costos. Conceptos y Aplicaciones para la toma de decisiones gerenciales**. Bogotá (1994). Editorial Mc Graw Hill. Tercera edición.
- Jimenez Boulanger, Francisco Javier y Carlos Luis Espinoza Gutiérrez. **Costos Industriales**. Costa Rica (2007). Editorial Tecnológica. Primera Edición.
- Charles T. Horn Gren, Srkant M. Datar, George Foster y Pearson Prentice Hall. **Contabilidad de Costos**. México (2007). Decimasegunda Edición.
- Humberto Gutiérrez Púlido. **Calidad Total Y Productividad**. Mexico (1997) Mc Graw Hill. Primera Edición.
- Maza Zabala. **Tratado Moderno de Economía General**. Ediciones Quisqueya. España(1983).



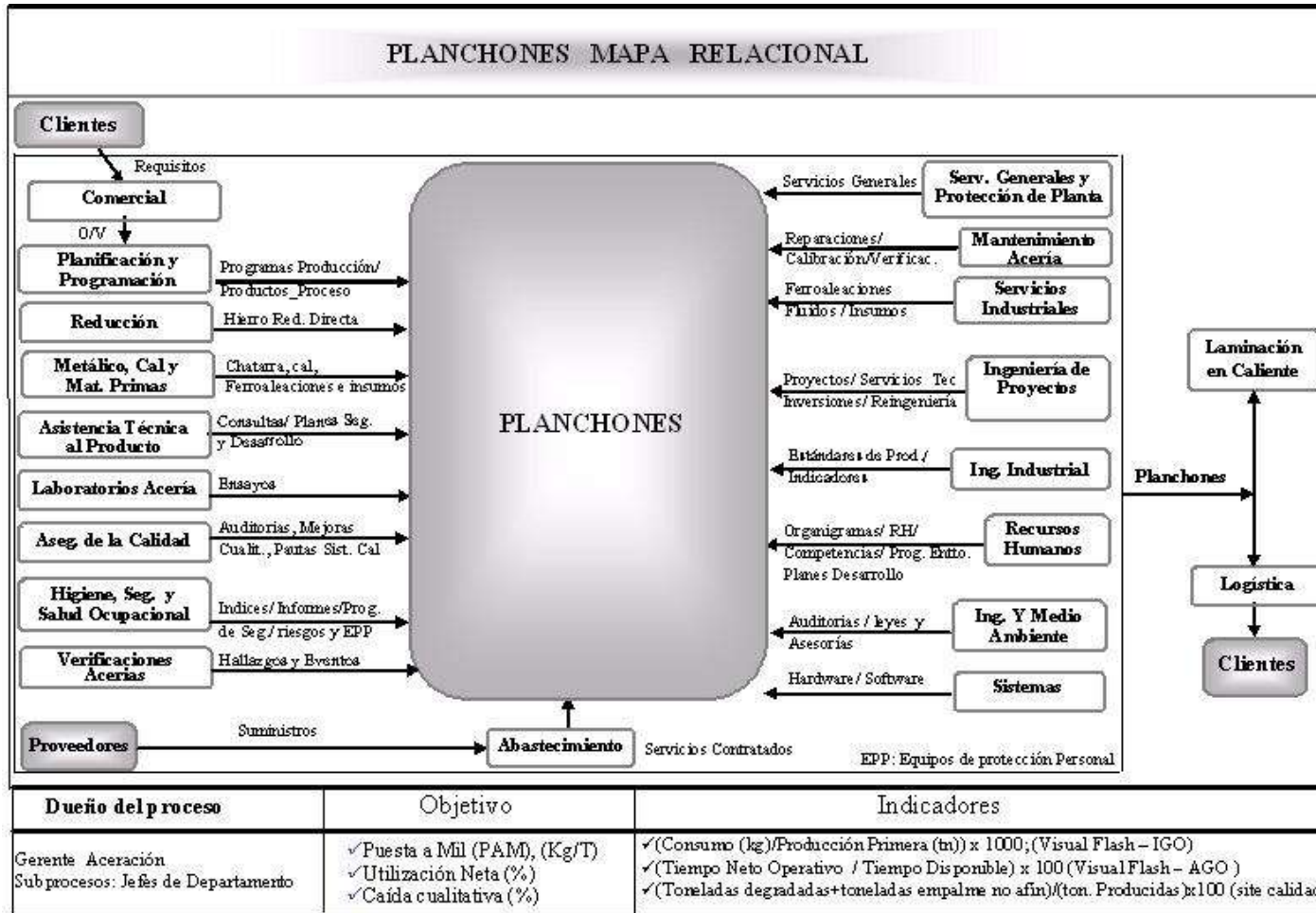
- Stephen P. Robbins. **Administración: Teoría y Práctica**. México (1987). Editorial Prentice Hall.
- Franklin A. López y Antonio H. Martínez. **Economía al alcance de todos, Ejercicios para el sentido común**. México (1991). Editorial harl.
- Francisco Mochón. **Economía: Teoría y Política**. Cuarta Edición. Mc Graw Hill. España (2000),
- Jose Paschoal Rosetti. **Introducción a la Economía**. Decimoquinta Edición. Editora Atlas. Brasil (1991).
- **Intranet** [Página Web en línea]. Disponible:  
<http://sidornet.sidor.net>
- [www.sidor.com](http://www.sidor.com)
- [www.venologia.com/archivos/3558/](http://www.venologia.com/archivos/3558/)  
Aumento del Precio del Dólar Oficial en Venezuela (enero 2010)
- [es.wikipedia.org/wiki/Presupuesto](http://es.wikipedia.org/wiki/Presupuesto)
- GCBA Guía de Costos Industriales - Secretaría de Desarrollo Económico.
- [es.wikipedia.org/wiki/Devaluación](http://es.wikipedia.org/wiki/Devaluación)
- <http://www.monografias.com/trabajos6/prod/prod.shtml>
- <http://www.energia.inf.cu/iee-mep/SyT/CDG/Taller2BAE/hornosea.pdf>.



# ANEXOS



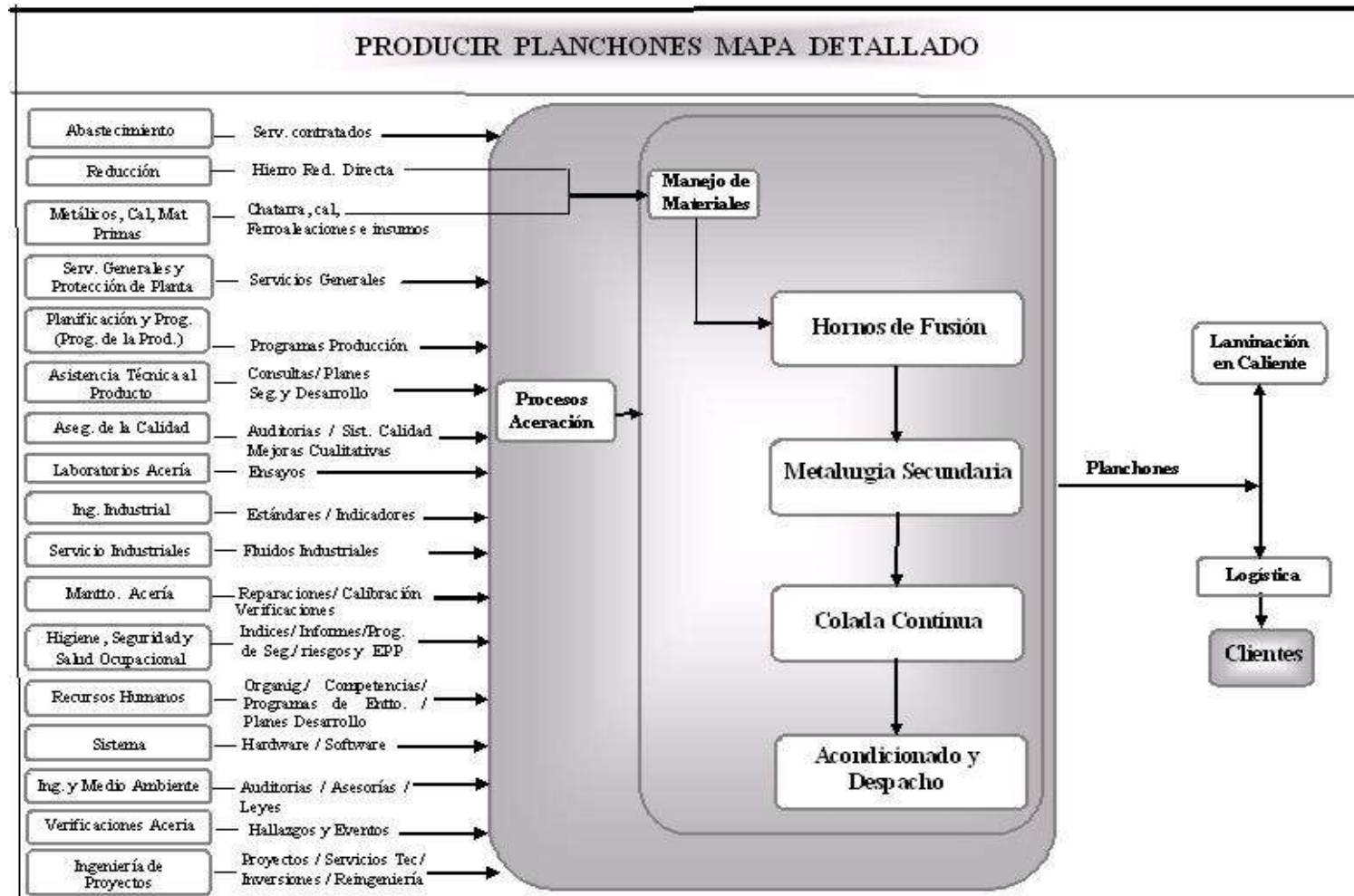
## Anexo 1 MAPA RELACIONAL DE PLANCHONES





## Anexo 2

### MAPA DE PRODUCCIÓN PLANCHONES

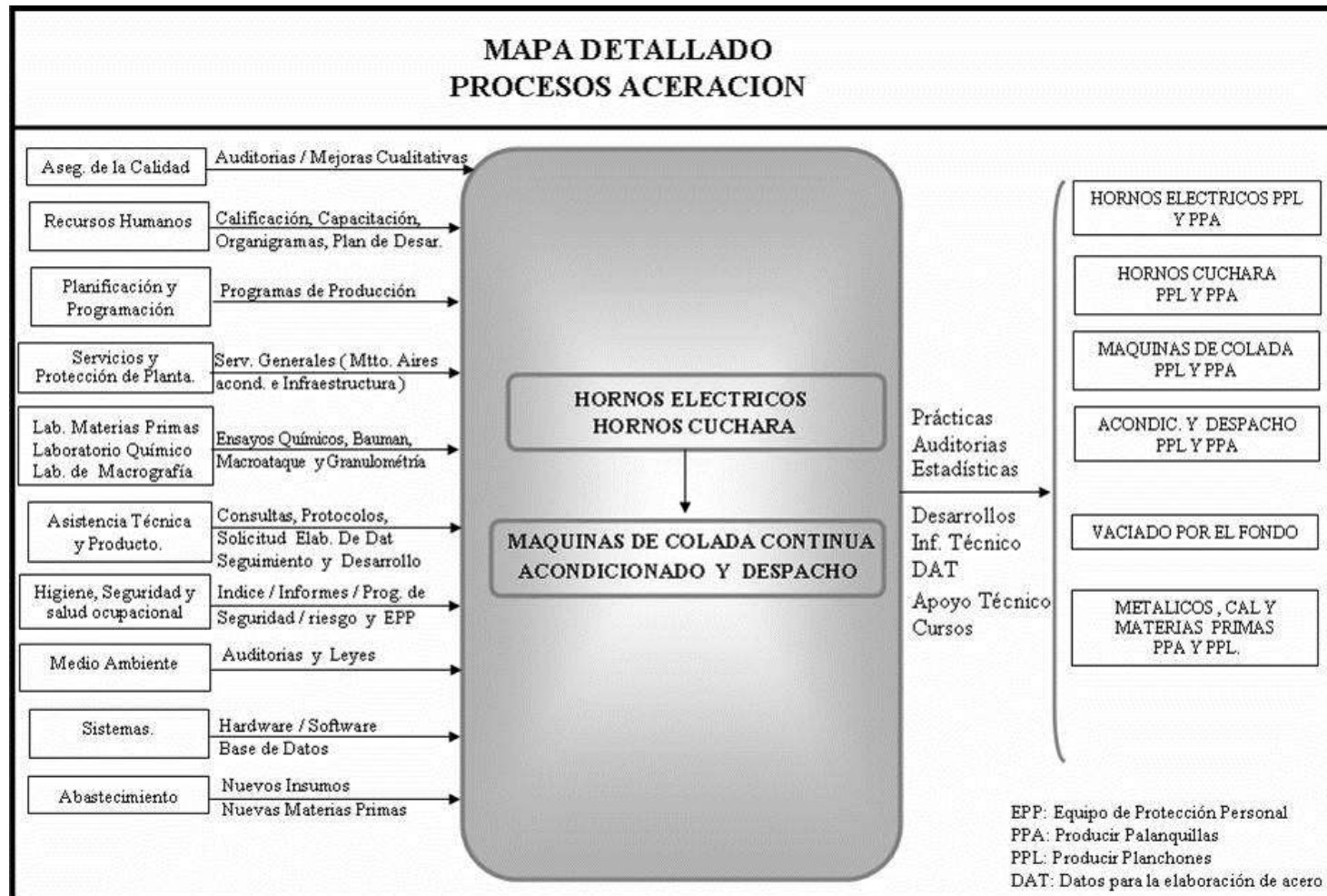






## Anexo 3

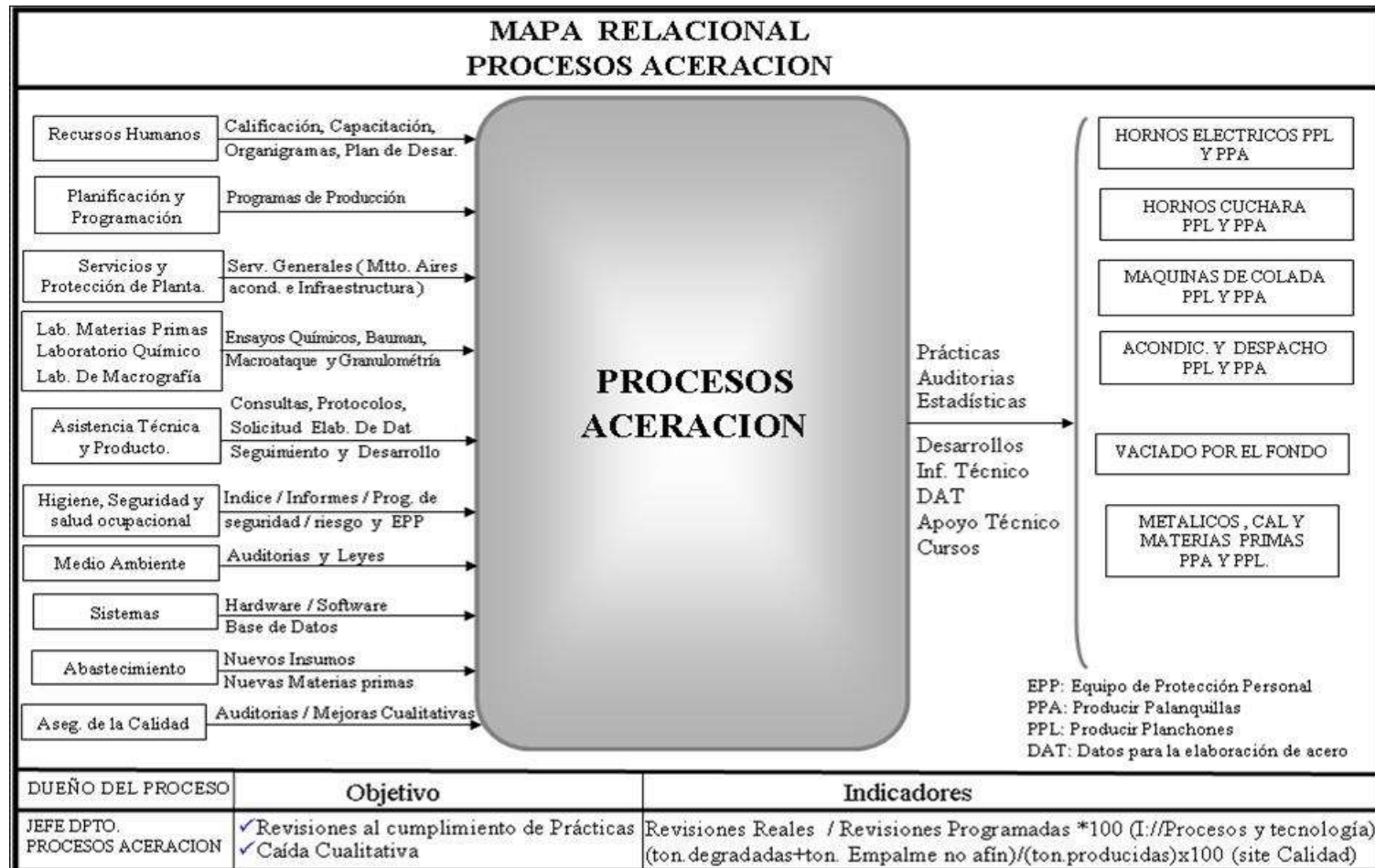
### MAPA DE PROCESO DE ACERACIÓN





## Anexo 4

### MAPA RELACIONAL DE PROCESOS DE ACERACIÓN





## Anexo 5

### CESTA DE CARGA METÁLICA







## Anexo 6

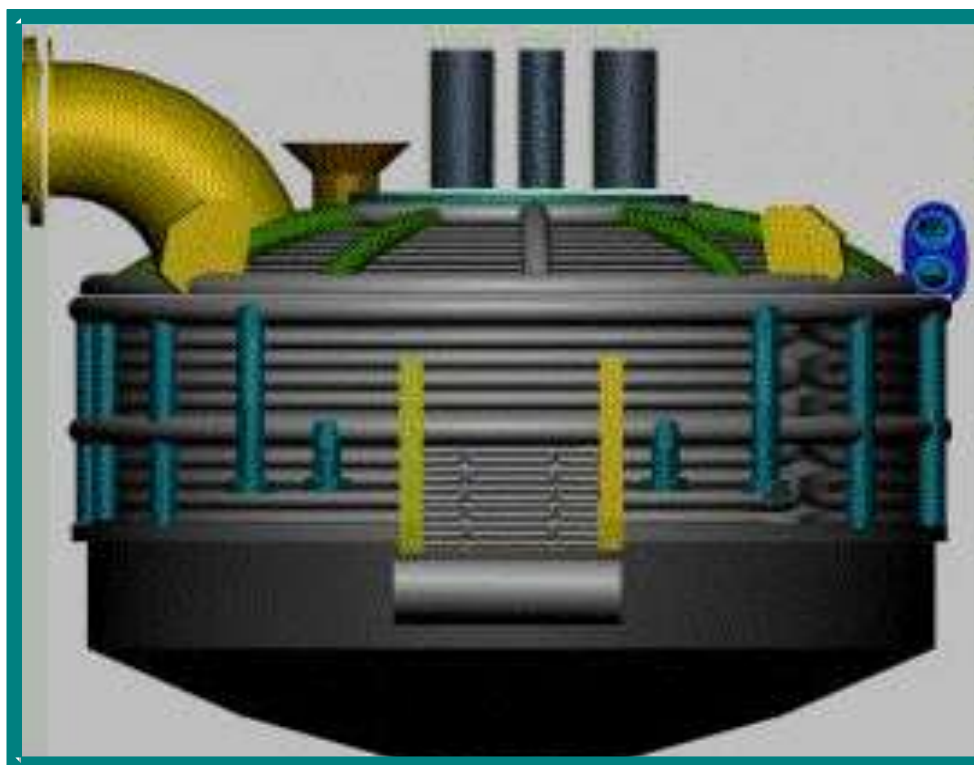
### PROCESO DE HORNO ELÉCTRICO PLANCHONES





## Anexo 7

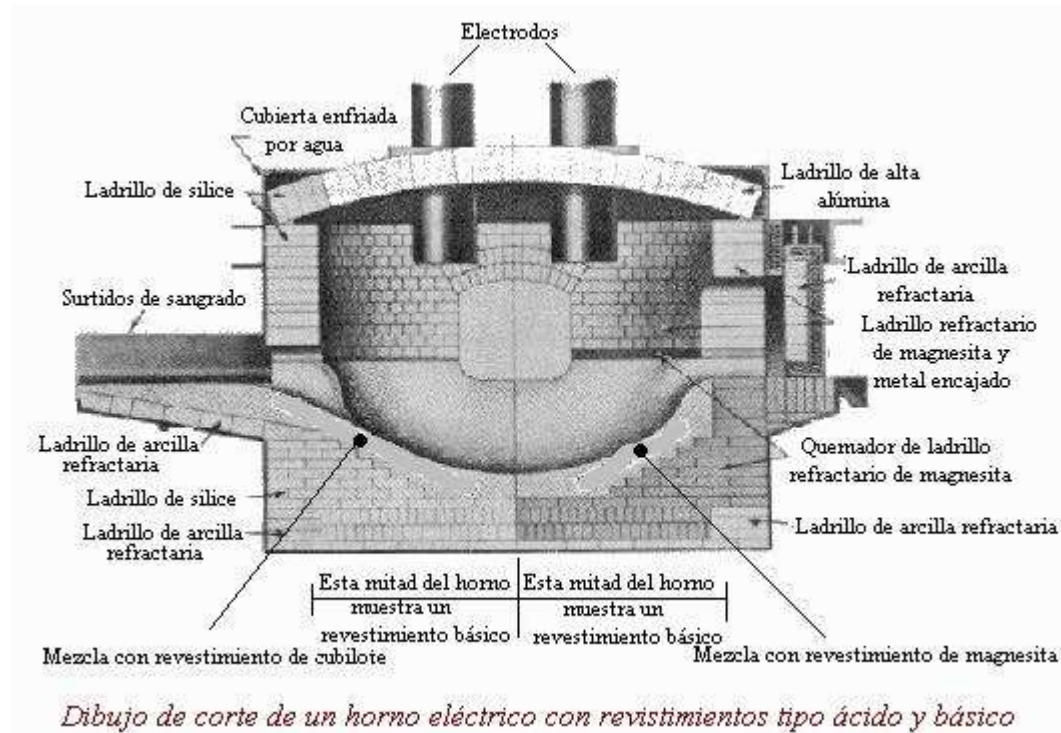
### HORNO DE ARCO ELÉCTRICO





## Anexo 8

### INTERIOR DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO





## Anexo 9

### REFRACTARIO DEL HORNO DE ARCO ELÉCTRICO





## Anexo 10

### ELECTRODOS EN HORNOS DE ARCO ELÉCTRICO







## Anexo 11

### Imágenes de la generación y procesamiento de Escoria



Generación de Escoria en las Acerías



Descarga del pote de escoria en la planta procesadora



Criba y cintas transportadoras utilizada en el procesamiento de Escoria



## Anexo 12

### Imágenes del sistema de cintas transportadoras de Pre-reducidos



Cinta transportadora de materiales hacia Preparación y Molienda



Cinta transportadora de materiales de Patio de Consumo



## Anexo 13

### BASES DEL CÁLCULO PARA ESTE ESTUDIO

Prop		Basic Phosphorous Balance for EAF * / A-200						
		PEA						
		Mass (kg)	%P	mass P	% of total			
		Metal heel	met	40000 Kg	0,012	5 Kg	2 %	
		Scrap charge	met	26620 Kg	0,01	3 Kg	1 %	
		Pig Iron	met	0 Kg	0,10	0 Kg	0 %	
		DRI/HBI	met	215380 Kg	0,109	235 Kg	96 %	
		Total Metal Charge (whitout heel)	met	242000 Kg	0,0000			
<b>87,8</b>		Fluxes	ox	17569 Kg	0,01	2 Kg	1 %	
2,42		Charge C	ox	0 Kg	0,8	0 Kg	0 %	
24,3		Injection C	ox	0 Kg	0,5	0 Kg	0 %	
0%		Material 1	ox	0 Kg	0	0 Kg	0 %	<b>Al2O3:</b> 1,293
100%		* Falta contenido de P en los carbones						Comp en Pella:
0,0124						245 Kg	100 %	<b>SiO2:</b> 2,310
		Slag Mass Relationship						<b>CaO:</b> 1,503
		DRI	Flux	Oxides	Turkdogan relations for P			
		0,5	24,3	%MgO	%CaO	34,9		
		0,8	68,4	%CaO	%MgO	13,4		
		2,5	1,9	%SiO2	Temperature	1640		
		1,3	0,3	%Al2O3	<b>Kp = K_PO (Turk)</b>	18054	<b>P:</b> 0,084	
		11001 Kg	16679 Kg		[O ppm]	900		
					%O	0,09		
70,7	2,48		30,0	%FeO in slag	<b>LP Turkdogan</b>	43,9		
69,3	2,45		0	% other slag comp			<b>Comp HBI:</b>	
1,4	0,03		39543 Kg	Slag mass			SiO2	2,733
4,10	0,10		1,68	B3-bas			CaO	0,927
Var Cal	Var en Bas 2 Escoria		13,4	%MgO in slag			P	0,087
	2,953392634		34,9	%CaO in slag			MgO	0,356
			14,4	%SiO2 in Slag			Al2O3	1,198
			2,42	Bas 2 in Slag			Ganga	4,85
							C	1,42
							Metz	92,67
							<b>Bas 2:</b>	<b>0,34</b>



## Anexo 14

### BASES DEL CÁLCULO PARA ESTE ESTUDIO

Patrón de Carga	PEA
HRD	80,0%
Chatarra	11,0%
HBI	9,0%

<b>PAM</b>	<b>1,210</b>
------------	--------------

<b>[ %P ]</b>	<b>0,0124</b>
---------------	---------------

0,0078

Simple relation of FeO and %C & Oppm

Comp Quim HRD (%)	PEA
Metz	91,99
FeT	90,26
Fe°	83,03
C	1,87
SiO2	2,49
Al2O3	1,32
CaO	0,83
MgO	0,47
FeO	3,78
P	0,109

$$Fe^{\circ} = FeT \times M$$

Debe sumar 100% = Fe° + FeO + C + CaO + MgO + SiO2 + Al2O3

FeO en HRD =

For %FeO =	30
%C =	0,043
O-ppm	600
O-ppm (FeO)	600
KFeO_C	1,3
%C.Oppm	26
KFeO_Oppm	20
<hr/>	
%FeO en HRD:	9,73

2,353

1,445

0,085

<b>Bas 2 en HRD</b>	<b>0,331</b>
<b>Ganga en HRD (%)</b>	<b>5,35</b>

0

Comp Q Cal mezcla	PEA
CaO_Libre	62,9
CaCO3	9,7
SiO2	1,9
Al2O3	0,3
Fe2O3	0,5
MgO	24,3
MnO	0,02

**Total: 100**



## Anexo 15

BASES DEL CÁLCULO PARA ESTE ESTUDIO  
ESCUACIÓN DE TURDOGAN

$$\text{Log}(k_{PO}) = 21740/T(K) - 9.87 + 0.071 * (\%CaO + 0.3 * \%MgO)$$

$$k_{PO} = ([\%O]^{-2.5}) * ((\%P)/[\%P])$$



## Anexo 16

### ESPECIFICACIONES DEL CONSUMO DE ELECTRODO

Consumo de Electrodo en Hornos Fusión - Acería 200 (Arco Eléctrico)		
Parámetros	Valor	Observaciones
Diametro Electrodo (m)	<b>0,61</b>	De 24 pulgadas en A-200. <b>NO CAMBIA</b>
Intensidad de Corriente (KA)	<b>60</b>	Rango según Tap: $55 > I > 61$ . <b>CAMBIA SEGÚN CONSENSO O HISTORICO REAL (PHINDOWS DEL HORNO)</b>
Tipo de Corriente	<b>AC</b>	Puede ser AC ó DC. La realidad de Sidor es <b>AC NO CAMBIA</b>
Densidad Corriente (A/cm <sup>2</sup> )	20,6	Depende del Diametro del electrodo y de la Intensidad de corriente
Peso colada (ton)	<b>200</b>	-----
Potencia activa (Mw)	<b>103,5</b>	-----
Tiempo Off (min)	<b>7</b>	-----
Consumo de Energía (kwh/tal)	<b>745</b>	Depende de la carga, operación del horno, etc.
Tiempo On (min)	86,4	-----
Tap to Tap (min)	93,4	-----
Coef de Aspiración - Horno (%)	<b>83%</b>	Valor asumido que depende del sistema de captación de humos del horno. <b>CAMBIA SEGÚN CONSENSO (SE ASUME) O CONSULTAR A CASA DE HUMOS</b>
Factor de Corriente A (kg/KA <sup>2</sup> *h)	0,034	Razón de desgaste según Intensidad de corriente por hora que pasa por el electrodo. Si el horno es DC, es 0,0124. Si es AC, es una ecuación cubica de tendencia 0,99
<b>Consumo de Punta (kg/tal)</b>	<b>1,02</b>	<b>Valor teórico (Bowman)</b>
<b>Consumo de Punta (kg/tal)</b>	<b>1,17</b>	<b>Valor teórico (Jordan)</b>
Inyección de Oxígeno (Nm <sup>3</sup> /tal)	<b>20,9</b>	-----
Factor de Oxidación B (kg/m <sup>2</sup> *h)	5,5	Depende de la inyección de oxígeno dentro del Horno. Es una ecuación cuadratica de tendencia 0,99
Longitud de Oxidación (m)	<b>2,1</b>	Según espumosisidad de la escoria y cobertura del arco ( ? ) <b>NO CAMBIA O SE CONSULTA CON OPERACIONES / REFRACTARIOS</b>
<b>Consumo Lateral (kg/tal)</b>	<b>0,51</b>	<b>Valor teórico (Bowman)</b>
<b>Consumo Total (kg/tal)</b>	<b>1,69</b>	<b>Valor teórico según (Bowman-Jordan)</b>