



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA  
"ANTONIO JOSÉ DE SUCRE"  
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
PRÁCTICA PROFESIONAL



# LÍMITES DE CONTROL DE LAS VARIABLES CLAVES E ÍNDICE DE CAPACIDAD DEL PROCESO MIDREX I UBICADA EN SIDOR

**AUTORA:**  
Yuliberth Melville Prada

**Tutor Industrial:**

Ing. Gabriel Lucena

**Tutor Académico:**

MSc. Ing. Iván Turmero

**CIUDAD GUAYANA, DICIEMBRE DE 2008**

# Siderúrgica del Orinoco

## “ALFREDO MANEIRO”

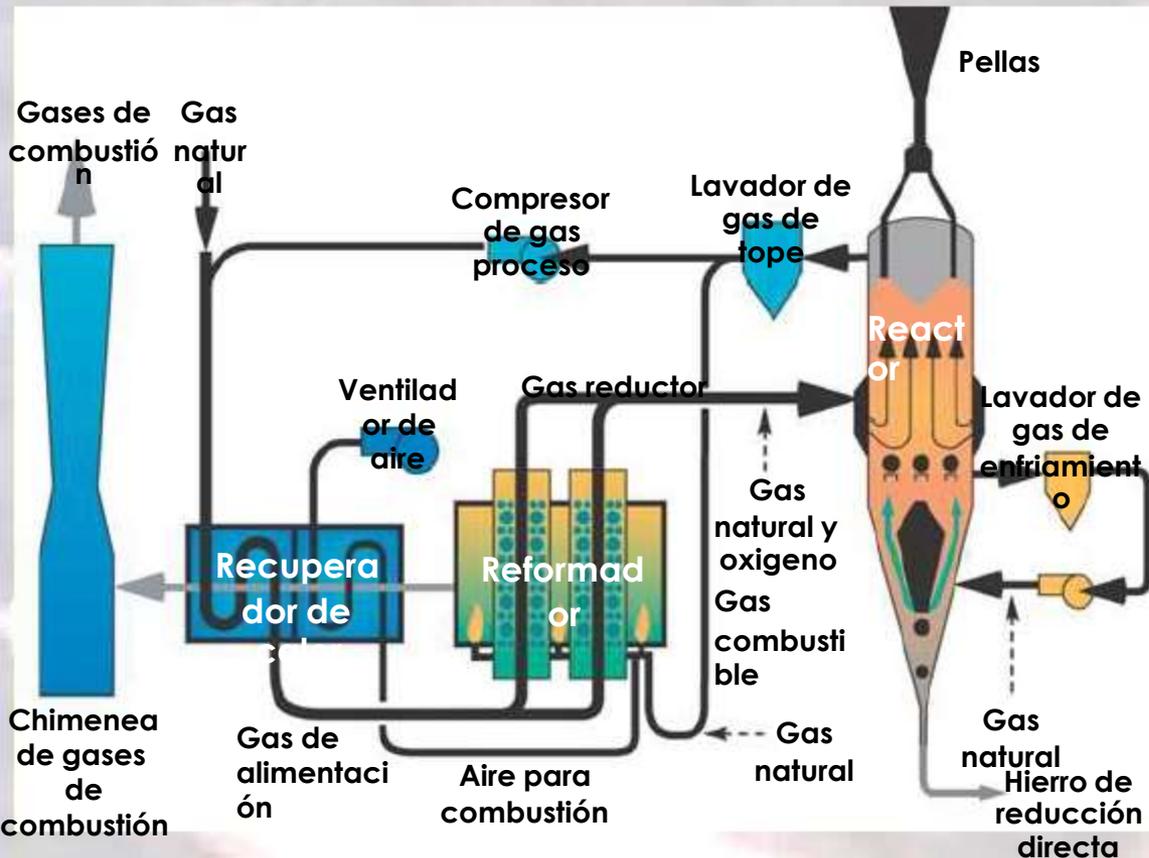
**SIDOR es un complejo siderúrgico integrado, desde la fabricación de pellas hasta productos finales largos (barras y alambrón) y planos (láminas en caliente, láminas en frío, y recubiertos), utilizando tecnología de reducción directa, horno de arco eléctrico y colada continua.**

### UBICACIÓN GEOGRÁFICA

**La Planta Siderúrgica del Orinoco está situada en el perímetro urbano de Ciudad Guayana, específicamente en la Zona Industrial Matanzas del Estado Bolívar, a 80 Km de Ciudad Bolívar y a unos 17 Km de la confluencia de los ríos Orinoco y Caroní, ocupando una extensión de 2200 hectáreas de las cuales 87 se encuentran techadas.**



# Reducción Directa Planta Midrex



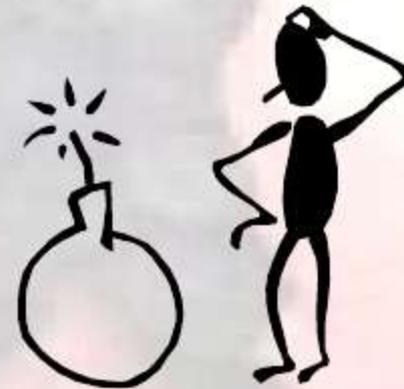
# Formulación del Problema

El sistema control de variables claves que existe actualmente en las plantas Midrex es de tipo tendencia, la cual ha permitido el seguimiento del comportamiento de las variables claves y cumplir con los objetivos de calidad trazados de la planta. Sin embargo, se han detectado casos de variaciones repetitivas de las variables y límites de control no acordes con la capacidad real del proceso que dificultan el control.



# Formulación del Problema

La empresa busca mejorar continuamente su competitividad, en vista de esto en el presente trabajo se procedió a desarrollar un sistema de propuestas que nos permitieran obtener límites de control adaptados a las condiciones reales de la planta, manteniendo la calidad del producto y aumentando la productividad



# OBJETIVO GENERAL

**Determinar Los Límites De Control De Las Variables Claves E Índice De La Capacidad Del Proceso Midrex I Ubicada En Sidor.**

## Objetivos Específicos

- ⓐ **Determinar por métodos estadísticos los límites de los gráficos de control del proceso de las plantas Midrex I.**
- ⓑ **Determinar el índice de la capacidad real del proceso por métodos estadísticos**
- ⓒ **Establecer metodologías para las aplicaciones de acciones de control ante desviaciones de las variables claves.**



# Objetivos Específicos

- ④ Proponer modificaciones al sistema de control de variables claves actual para ajustarlo al programa de control estadístico.
- ④ Recopilar información a través de entrevistas no estructuradas en el área.
- ④ Establecer conclusiones y recomendaciones.



# DISEÑO METODOLÓGICO

**INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA**

**INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL**



**INVESTIGACIÓN APLICADA**

**INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL**

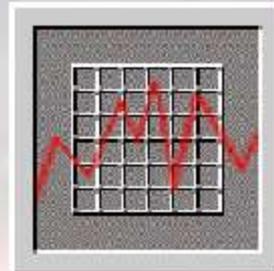


# POBLACIÓN Y MUESTRA

La población objeto de este estudio correspondió al área de reducción de la planta Midrex I, específicamente en la sala de control



Con relación a la muestra se considera solo las variables claves que influyen en el proceso de reducción



# Situación Actual

**En Midrex I, las variables claves como son:**

**%CO<sub>2</sub> en gas reformado,**

**%CH<sub>4</sub> en gas reformado,**

**%CO<sub>2</sub> en gas tope,**

**%H<sub>2</sub>O en gas proceso,**

**Temperatura de gas Bustle,**

**Temperatura del centro del reactor,**

**Son las que influyen dentro del proceso de reducción, la cual operan alrededor de un valor de referencia con un limite de variación alrededor del mismo, que es fijado por el Ingeniero de Procesos.**



# Situación Actual

**El control del proceso Midrex se realiza de manera manual y se basa en un seguimiento grafico del comportamiento de las variables mas importantes del mismo, criticas para la calidad del producto y la operación continua, y el uso del sistema de variables claves.**

**Los rangos de operación de cada una de las variables claves son fijados por el Ingeniero de Procesos, dependiendo de la operación de la planta.**



# Situación Actual

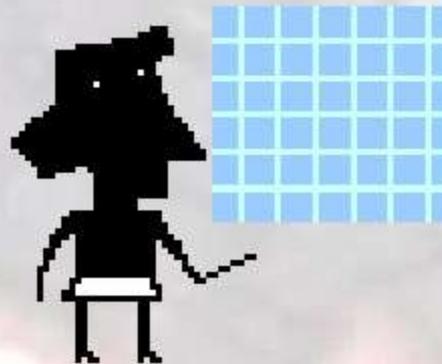


**Midrex I opera con dos sistemas de alarma, el primero constituido por las alarmas Alto (H) y Bajo (L), el segundo esta acotado entre las alarmas Alto-Alto (HH) y Bajo-Bajo (LL). En el primer rango es donde el operador ejerce control, mientras que en el segundo el control es hecho de manera automática por el Sistema de Prevención. El control actual se hace en base a los rangos de operación fijados a fin de evitar llegar al nivel d alarma H o L.**



# Situación Actual

**Se Realizo primero un análisis de la situación actual de las variables claves y la capacidad del proceso Midrex para así recopilar la información necesaria para determinar los limites de control acordes con el proceso y así obtener un rango menor de variabilidad a la hora de graficar los valores tomar las acciones correspondiente tanto por el operador como por el Ingeniero de Proceso y así evitar que se produzca perdidas de producción y baja calidad del producto.**



# ANÁLISIS Y RESULTADOS

## 1. PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE LOS LÍMITES DE CONTROL DE LAS VARIABLES CLAVES DEL PROCESO DE LA PLANTA MIDREX I



### VARIABLES CLAVES DEL PROCESO MIDREX A EVALUAR

- Ⓢ % CO<sub>2</sub> en gas reformado,
- Ⓢ % CH<sub>4</sub> en gas reformado,
- Ⓢ % CO<sub>2</sub> en gas tope,
- Ⓢ % H<sub>2</sub>O en gas proceso,
- Ⓢ Temperatura de gas Bustle,
- Ⓢ Temperatura del centro del reactor



# ANÁLISIS Y RESULTADOS



## 1.1. FILTRADO DE LOS DATOS



## 1.2. NÚMERO DE DÍAS DE ESTUDIO



# ANÁLISIS Y RESULTADOS



## 2. PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DE LA MUESTRA

### 2.1. TEMPERATURA GAS BUSTLE (Analizador TIASLL\_1339\_1 )

Paso 1

~~Definir el coeficiente de confianza (C)~~

$$c = 95\%$$

Paso 2

~~Determinar la Desviación Estándar~~

$$S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n-1}}$$

# ANÁLISIS Y RESULTADOS

a.) Calcular el Promedio por día

$$\sum x = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \dots + x_n$$

Se tomarán como referencia para los cálculos sólo el primer día (02/09/2008).

$$\begin{aligned} \sum x = & 969,87+971,75+971,57+971,81+ \\ & 968,93+967,52+968,17+980,01+ \\ & 980,28+979,86+980,26+975,62+ \\ & 975,1+974,96+975,78+973,93+9 \\ & 74,43+975,11+974,86+975,2+97 \\ & 4,65+975,42+974,72+975,32 = \end{aligned}$$

$$23385,13^{\circ}\text{C}$$



# ANÁLISIS Y RESULTADOS



**b.) Determinación del promedio de las horas por días que arroja el sistema la cual se toma como referencia el cálculo el día que es el 02/09/08.**

$$\bar{X} = \frac{\sum x = x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

$$\bar{X} = 969,87 + 971,75 + 971,57 + 971,81 + 968,93 + 967,52 + 968,17 + 980,01 + 980,28 + 979,86 + 980,26 + 975,62 + 975,1 + 974,96 + 975,78 + 973,93 + 974,43 + 975,11 + 974,86 + 975,2 + 974,65 + 975,42 + 974,72 + 975,32 \quad /_{24} =$$

$$\bar{X} = 974,3804$$



# ANÁLISIS Y RESULTADOS

## c.) Cálculo del Promedio de los días

Se obtendrá a través de la sumatoria de los promedios de cada día

$$\bar{\bar{X}} = \bar{x}_1 + \bar{x}_1 + \bar{x}_1 + \dots + \bar{x}_n$$



# ANÁLISIS Y RESULTADOS

## Temperatura Gas Bustle Analizador TIASLL\_1339\_1



	02/09/2008	04/09/2008	05/09/2008	09/09/2008	10/09/2008	11/09/2008	12/09/2008	13/09/2008	14/09/2008	15/09/2008
	969,87	974,86	979,96	980,41	980,28	979,99	980,02	979,82	979,85	968,56
	971,75	974,8	980,41	979,99	979,67	979,97	979,99	980,24	980,19	979,43
	971,57	974,69	979,79	980,35	979,79	979,87	980,23	979,92	979,8	979,69
	971,81	975,14	979,79	980,47	980,53	980,22	979,74	980,06	980,03	980,86
	968,93	975,02	979,75	980,45	979,64	980,11	980,13	979,68	979,75	979,87
	967,52	975,11	979,93	980,51	979,87	980,2	980,06	960,09	980,02	979,98
	968,17	975,17	980,22	981,36	979,72	979,82	979,95	979,88	980,19	980,38
	980,01	974,82	980,09	981,18	979,6	980,48	980,17	980,39	979,91	980,14
	980,28	978,33	979,96	981,73	980,48	980,06	979,84	979,58	979,89	979,62
	979,86	980,29	979,93	980,62	980,8	980,34	980,5	980,35	980,39	979,5
	980,26	979,85	979,96	980,28	979,4	979,33	980,1	979,91	979,84	979,91
	975,62	979,94	979,9	980,03	979,65	979,87	979,71	979,92	980,04	980,23
	975,1	980,05	980,03	979,76	980,06	979,93	980,08	979,96	979,71	980,46
	974,96	980,09	979,89	979,69	980,13	980,41	980,05	980,04	980,14	980,1
	975,78	979,79	980,02	980,3	980,29	979,77	979,76	980,05	979,94	980,91
	973,93	979,82	980,07	980,22	979,98	979,72	980	980,27	979,88	980,6
	974,43	979,99	980,08	979,6	979,76	979,93	979,96	979,61	980,05	980,77
	975,11	980,1	980,04	980,42	979,37	979,74	980,26	979,23	980,08	980,91
	974,86	980,15	979,97	980,41	980,24	980,21	979,54	980,49	980,21	981,37
	975,2	980,02	980,03	980,06	979,89	980,22	979,63	979,76	979,37	980,96
	974,65	980,08	979,87	980,18	979,86	979,41	980,28	980,1	980,23	981,17
	975,42	980,04	980,27	979,85	980,07	979,97	979,91	980,1	980,42	980,64
	974,72	979,85	979,96	979,74	980,21	980,08	979,68	980,13	980,02	980,96
	975,32	979,9	980,14	980,15	979,97	980,09	980,37	980,23	981,59	981,06
<b>x</b>	<b>23385,13</b>	<b>23477,9</b>	<b>23519,96</b>	<b>23527,76</b>	<b>23519,26</b>	<b>23519,74</b>	<b>23520,16</b>	<b>23519,81</b>	<b>23521,54</b>	<b>23518,08</b>
<b>Prom</b>	<b>974,3804</b>	<b>978,2458</b>	<b>979,9983</b>	<b>980,3233</b>	<b>979,9692</b>	<b>979,9892</b>	<b>980,0067</b>	<b>979,9921</b>	<b>980,0642</b>	<b>979,9200</b>

# ANÁLISIS Y RESULTADOS



16/09/2008	17/09/2008	20/09/2008	24/09/2008	26/09/2008	27/09/2008	28/09/2008	29/09/2008	30/09/2008		
981,41	980,65	979,61	974,88	974,59	974,98	974,96	974,84	979,53		
980,75	979,34	981,11	974,98	975,34	975,04	974,8	975,34	979,9		
981,48	980,06	981,02	974,77	974,95	975,23	974,97	974,61	980,36		
980,85	980,07	980,69	975,11	975,48	975,12	975,04	975,29	979,76		
980,97	979,67	981,12	975,19	974,84	974,97	975,37	975,56	980,37		
981,19	980,4	980,4	975,21	974,75	974,31	974,92	975,06	979,99		
980,97	979,95	980,84	974,81	975,42	975,51	974,97	975,2	980,2		
980,72	979,79	981,3	974,96	975,22	975,21	975,2	974,62	980,1		
980,68	980,3	981,01	975,18	974,85	974,79	974,67	974,76	979,74		
981,02	980,05	979,74	975,25	975,05	975,16	975,47	977,22	979,69		
980,82	980,58	980,46	974,51	974,94	974,76	974,78	977,83	980,3		
981,03	979,98	979,78	975,07	975,14	974,78	975,35	978,27	979,94		
981,01	979,7	979,96	974,92	975,25	975,20	974,55	977,96	979,74		
980,86	980	980,46	975,2	974,9	975,35	975,05	980	980,13		
981,43	979,88	980,27	975,38	974,74	974,93	975,21	979,89	979,77		
981,29	979,98	980,67	974,95	974,88	974,82	974,62	979,62	980,14		
979,45	979,6	979,94	975,02	974,93	974,58	974,62	979,61	980,15		
980,08	980,14	980,45	974,82	974,86	975,04	975,2	980,11	979,95		
980,17	979,79	980,25	974,88	975,15	975,02	975,26	980,24	980,02		
980,45	980,05	980,51	975,34	975,09	975	975,1	979,99	980,21		
979,75	980,24	980,33	974,97	974,89	975,02	974,97	979,94	979,68		
980,05	979,87	980,37	974,77	974,89	974,98	974,75	980,05	980,46		
980,1	980,02	980,4	974,85	974,87	974,87	975,16	980,23	979,71		
980,15	980	980,46	975,32	975,31	974,93	974,9	979,72	980,17	Prom. Mes	S
23536,68	23519,99	23531,05	23400,34	23400,33	23399,69	23399,89	23466,16	23520,02	978,5164	2,3402
980,6950	979,9996	980,4604	975,0142	975,0138	974,9871	974,9954	977,7567	980,0008		

**Tabla 4. Datos variable clave Temperatura del Gas Bustle  
cálculo de tamaño de la muestra**

Fecha	$\chi_x$	$\chi$
02/09/2008	23385,13	974,380417
04/09/2008	23477,9	978,245833
05/09/2008	23519,96	979,998333
09/09/2008	23527,76	980,323333
10/09/2008	23519,26	979,969167
11/09/2008	23519,74	979,989167
12/09/2008	23520,16	980,006667
13/09/2008	23519,81	979,992083
14/09/2008	23521,54	980,064167
15/09/2008	23518,08	979,92
16/09/2008	23536,68	980,695
17/09/2008	23519,99	979,999583
20/09/2008	23531,05	980,460417
24/09/2008	23400,34	975,014167
26/09/2008	23400,33	975,01375
27/09/2008	23399,69	974,987083
28/09/2008	23399,89	974,995417
29/09/2008	23466,16	977,756667
30/09/2008	23520,02	980,000833



# ANÁLISIS Y RESULTADOS



$$\bar{X} = \frac{974,3804+978,2458+979,9983+980,3233+979,9692+979,9892+980,0067+979,9921+980,0642+979,9200+980,6950+979,9996+980,4604+975,0142+975,0138+974,9871+974,9954+977,7567+980,0008}{19}$$

$$\bar{X} = 978,5164$$

**Por lo tanto:**

$$S = 2,3402$$

# ANÁLISIS Y RESULTADOS

Paso 3:

Definir el intervalo de confianza (I)

$$Lc = I = \bar{\bar{x}} \pm \frac{tc * S}{\sqrt{n}}$$



Se calcula el tc

$$tc = t(c, v) = t(c, n-1)$$

$$tc = t(0,95, v) = t[0,95(19-1)] = 1,734$$

$$Lc = I = 978,5164 \pm 0,9310$$



# ANÁLISIS Y RESULTADOS



## Paso 4

Determinar el Intervalo de la muestra ( $I_m$ )

$$I_m = \frac{2 * t_c * S}{\sqrt{n}}$$



$$I_m = 1,8620$$

## Paso 5

Determinación de los Límites de Control:

Ahora se procede a realizar el cálculo de los límites, en donde:

$$\alpha = 5\%$$

$$1 - \alpha = 95\%$$

Al buscar en la tabla de " t " Student queda que con  $X = 0.05$  resulta un  $K = 1,7341$

<i>n</i>	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861



# ANÁLISIS Y RESULTADOS

Por lo tanto:

$$LCS_{I} = \bar{x} \pm tc^* \frac{S}{\sqrt{n}} = \left\{ \begin{array}{l} LCS = \bar{x} + tc^* \frac{S}{\sqrt{n}} \\ LCI = \bar{x} - tc^* \frac{S}{\sqrt{n}} \end{array} \right.$$

Queda que:

$$LCS = 978,5164 + 1,7341 \left( \frac{2,3402}{\sqrt{19}} \right) = 979,4474$$

$$LCI = 978,5164 - 1,7341 \left( \frac{2,3402}{\sqrt{19}} \right) = 977,5854$$



# ANÁLISIS Y RESULTADOS

**Paso 6**

**Criterio de decisión**

$$Si \begin{cases} I_m \leq I \Rightarrow Acepta \\ I_m > I \Rightarrow Rechaza \end{cases} \quad \therefore \text{Recálculo de } n$$

**Se procede a hacer la siguiente comparación:**

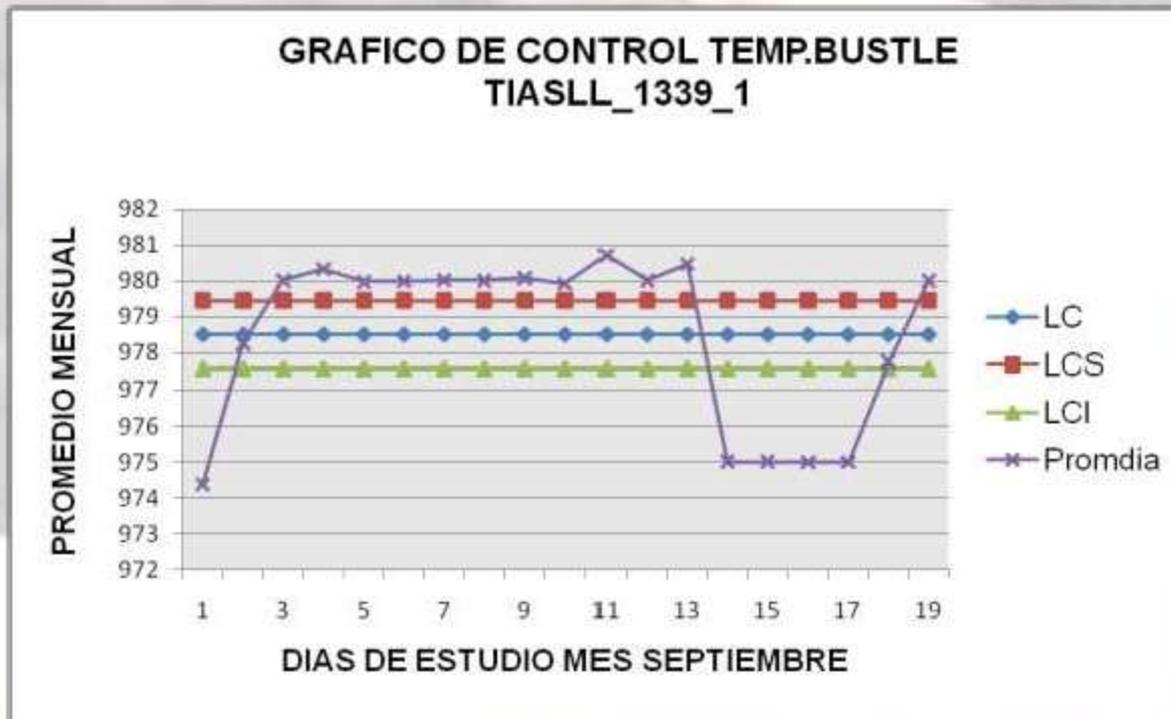
$$\begin{aligned} LCI &> I_m \\ 977,5154 &> 1,8620 \end{aligned}$$

**Por lo tanto se acepta  $n$  como representación efectiva para la toma de decisión.**



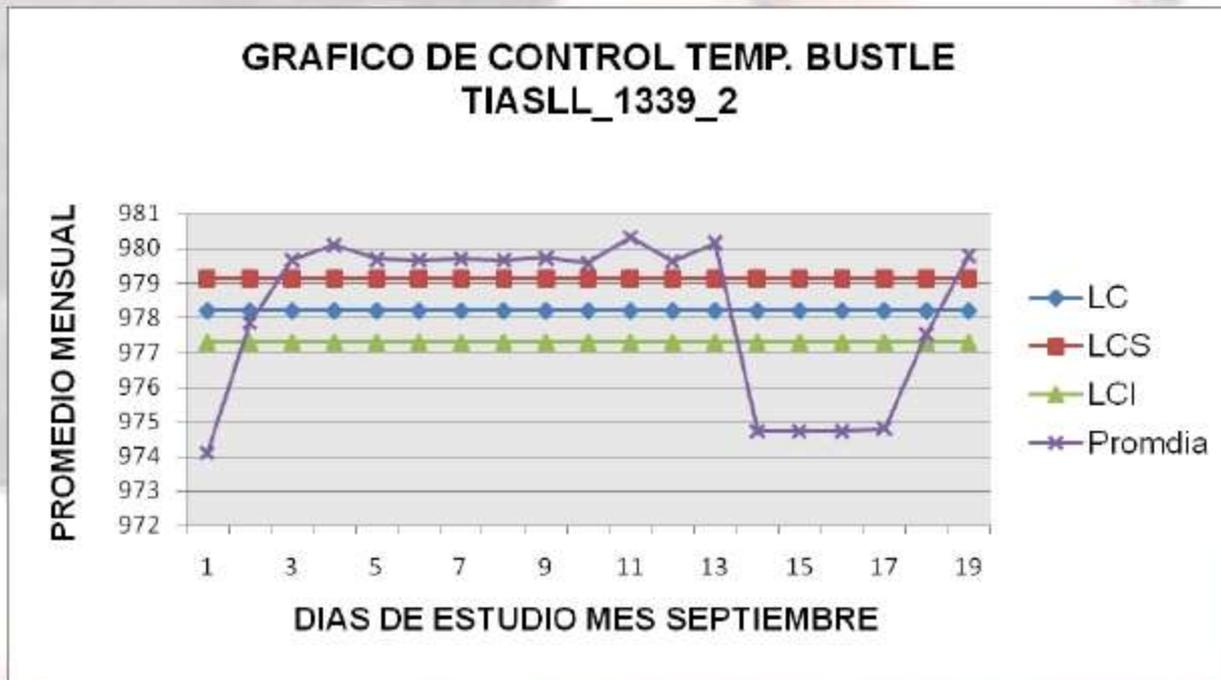
# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

## GRÁFICOS DE CONTROL



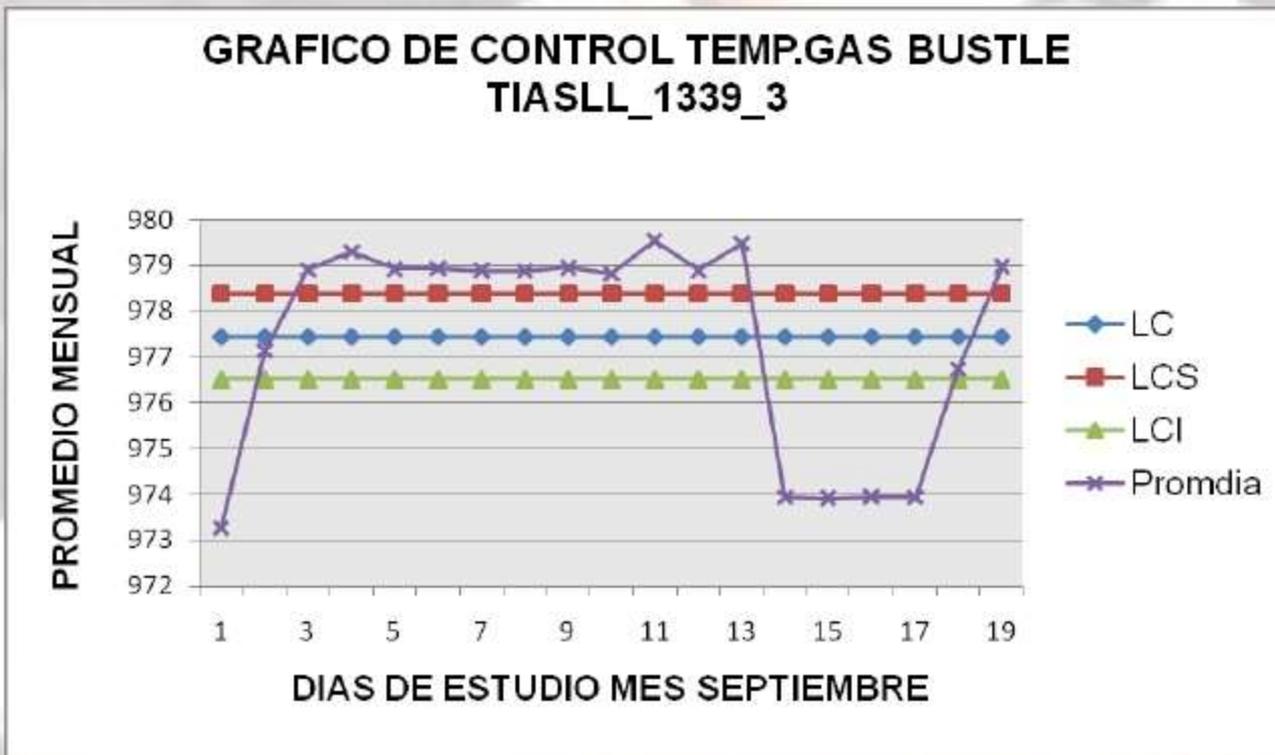
# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

## GRÁFICOS DE CONTROL



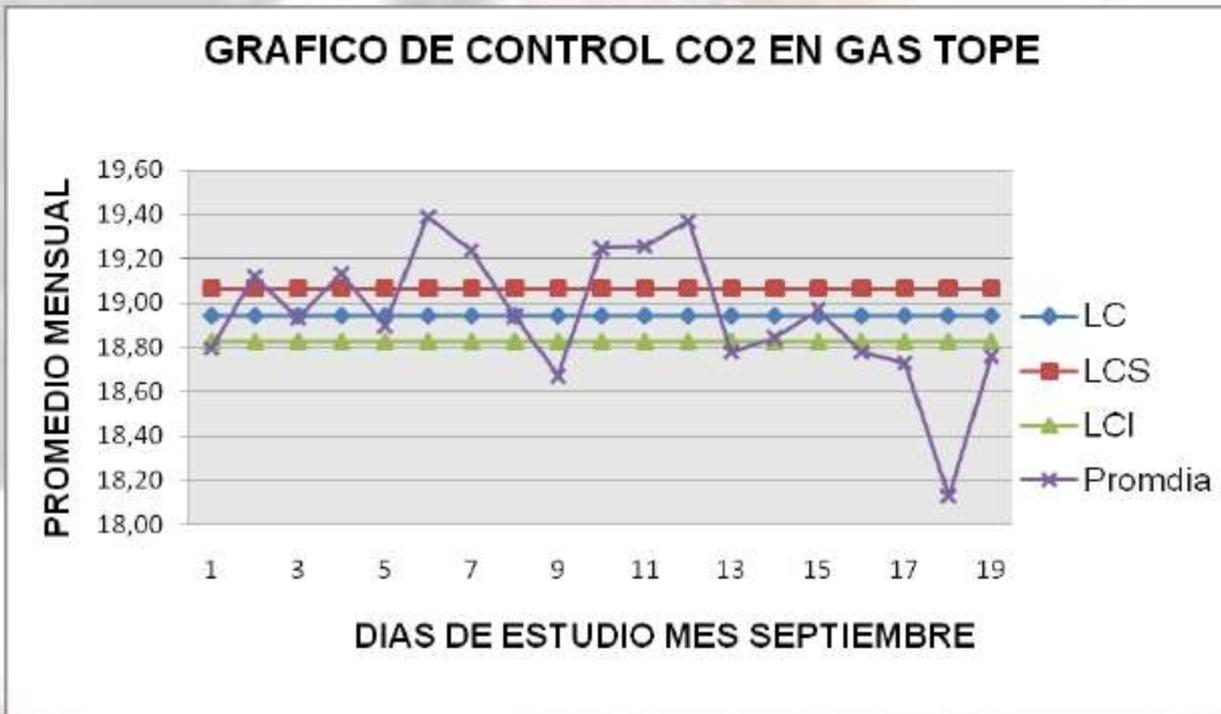
# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

## GRÁFICOS DE CONTROL



# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

## GRÁFICOS DE CONTROL

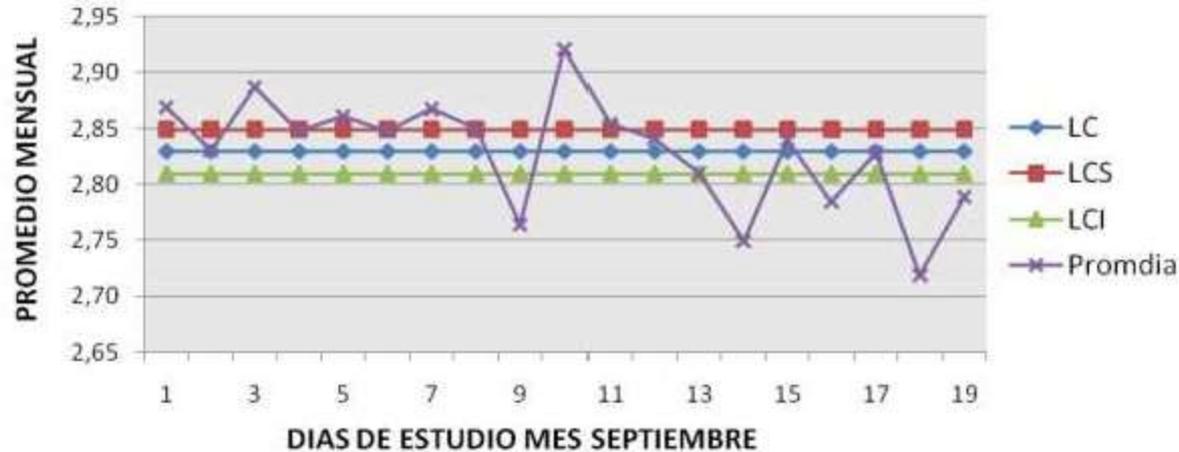


# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

## GRÁFICOS DE CONTROL



GRAFICO DE CONTROL %CO2 GAS REFORMADO  
1506\_1

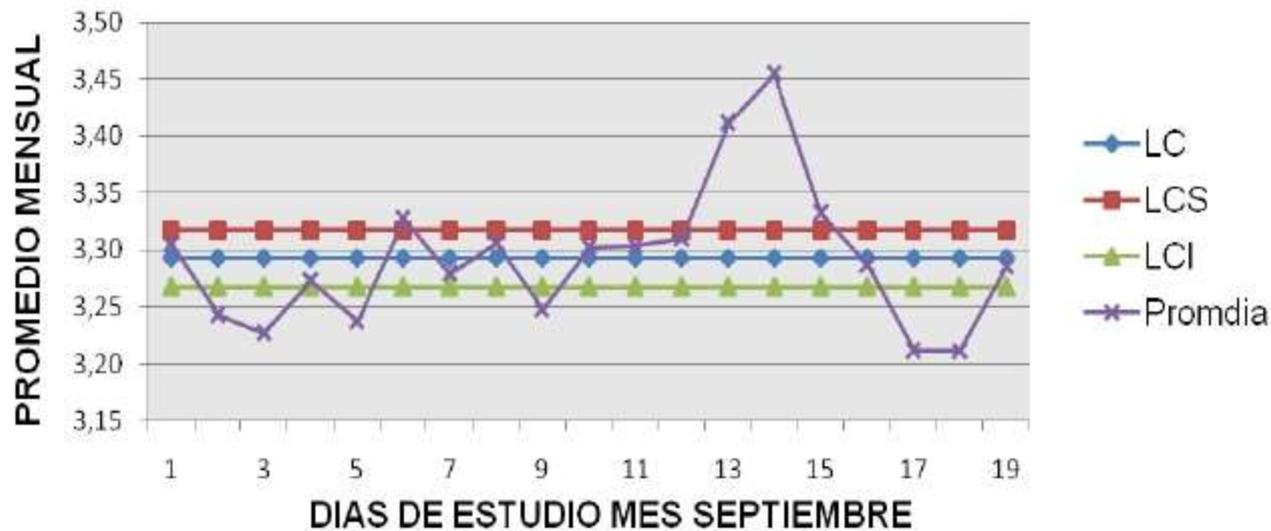


# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

## GRÁFICOS DE CONTROL

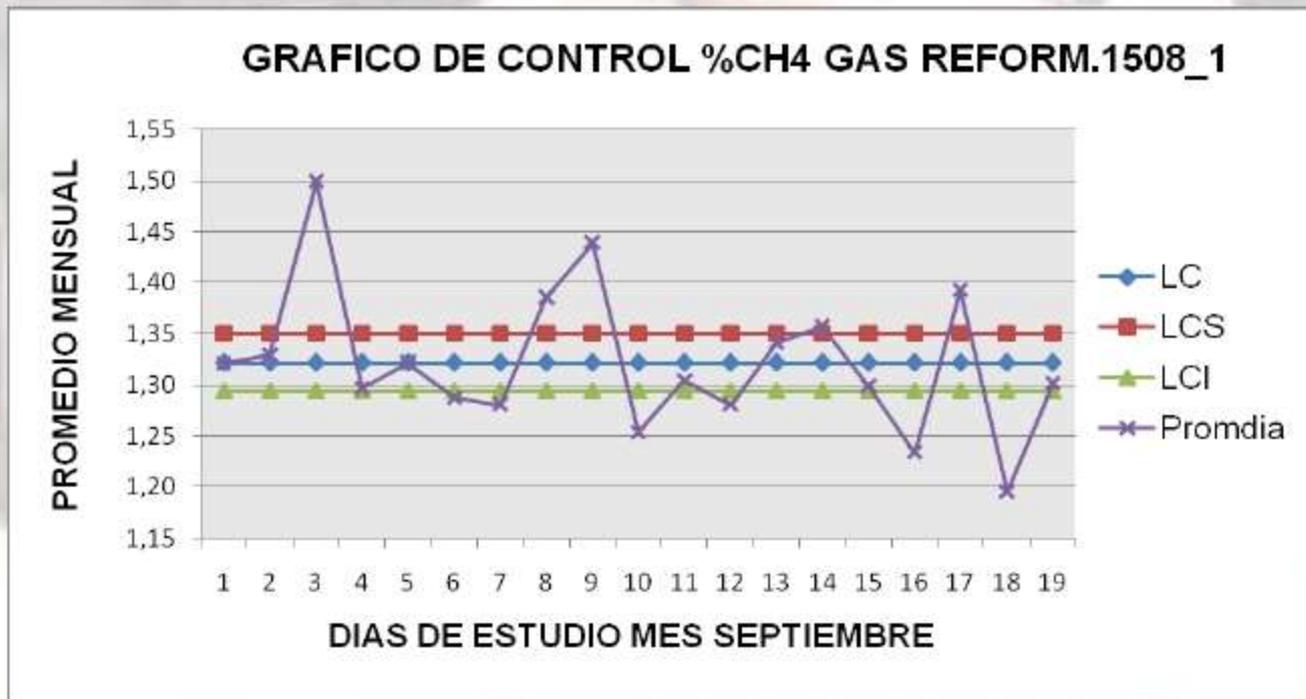


GRAFICO DE CONTROL %CO2 GAS REFORM.1506\_2



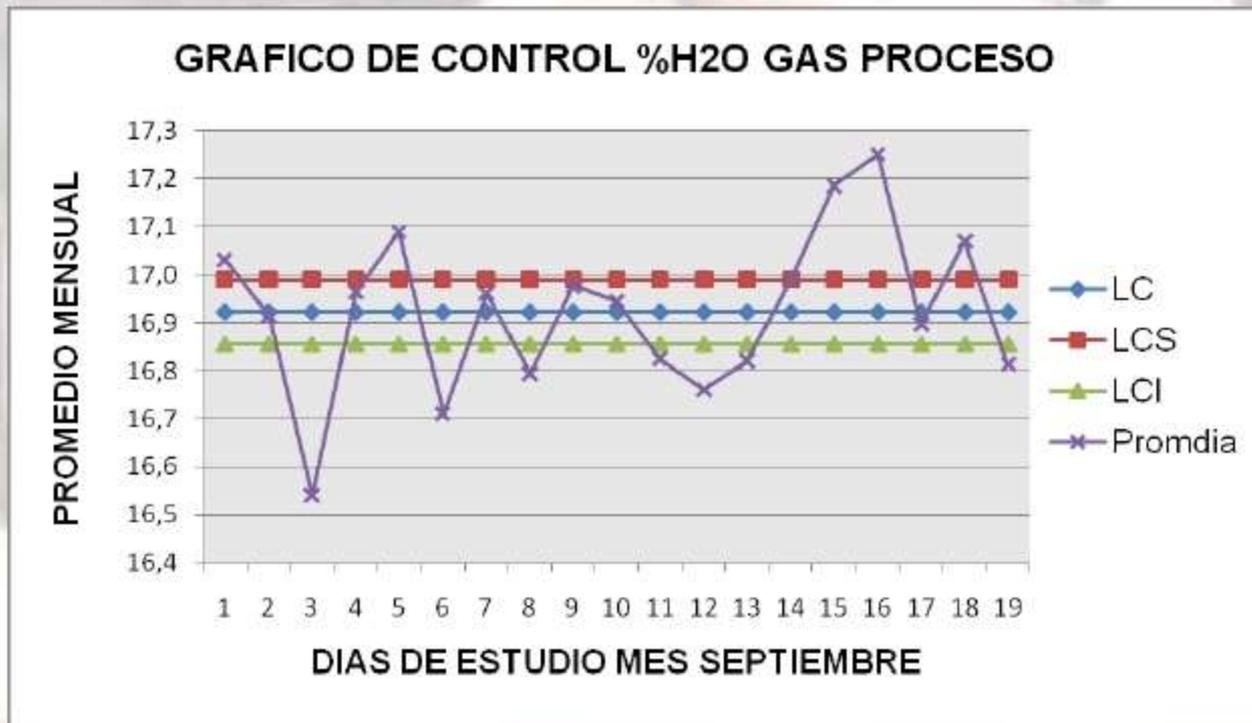
# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

## GRÁFICOS DE CONTROL



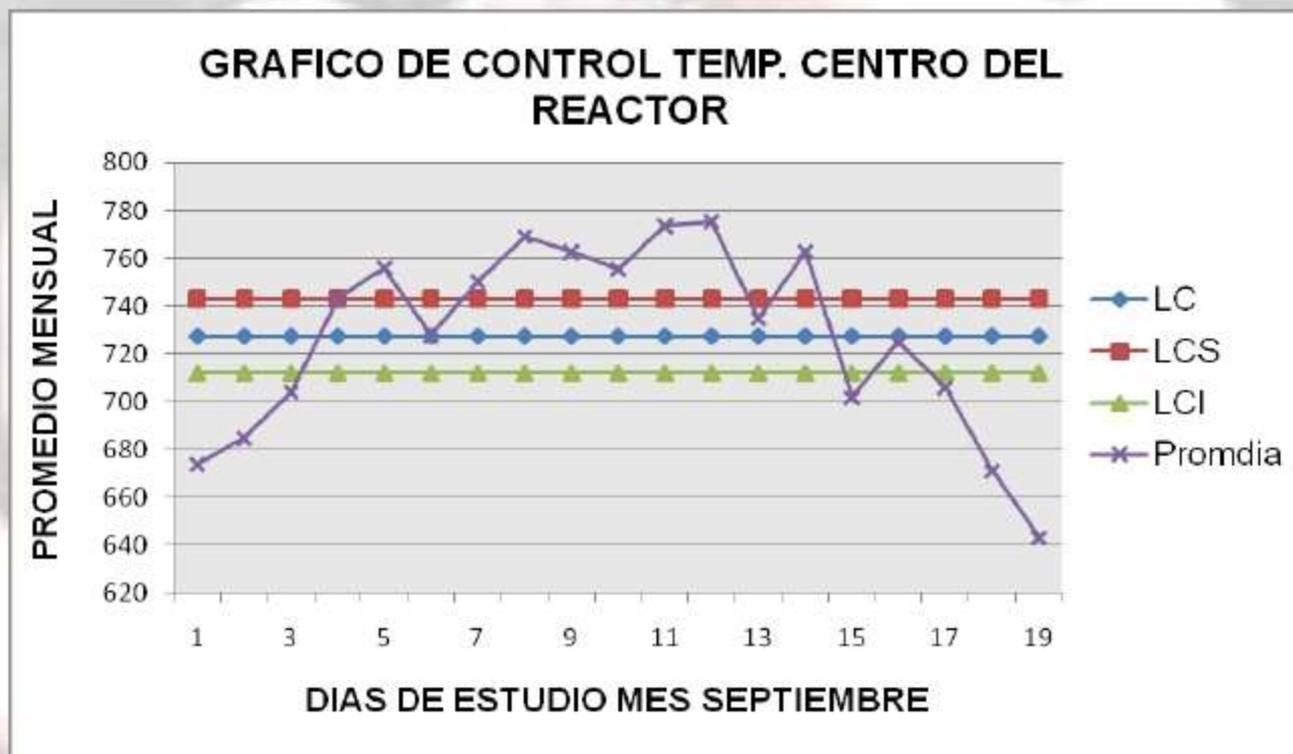
# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

## GRÁFICOS DE CONTROL



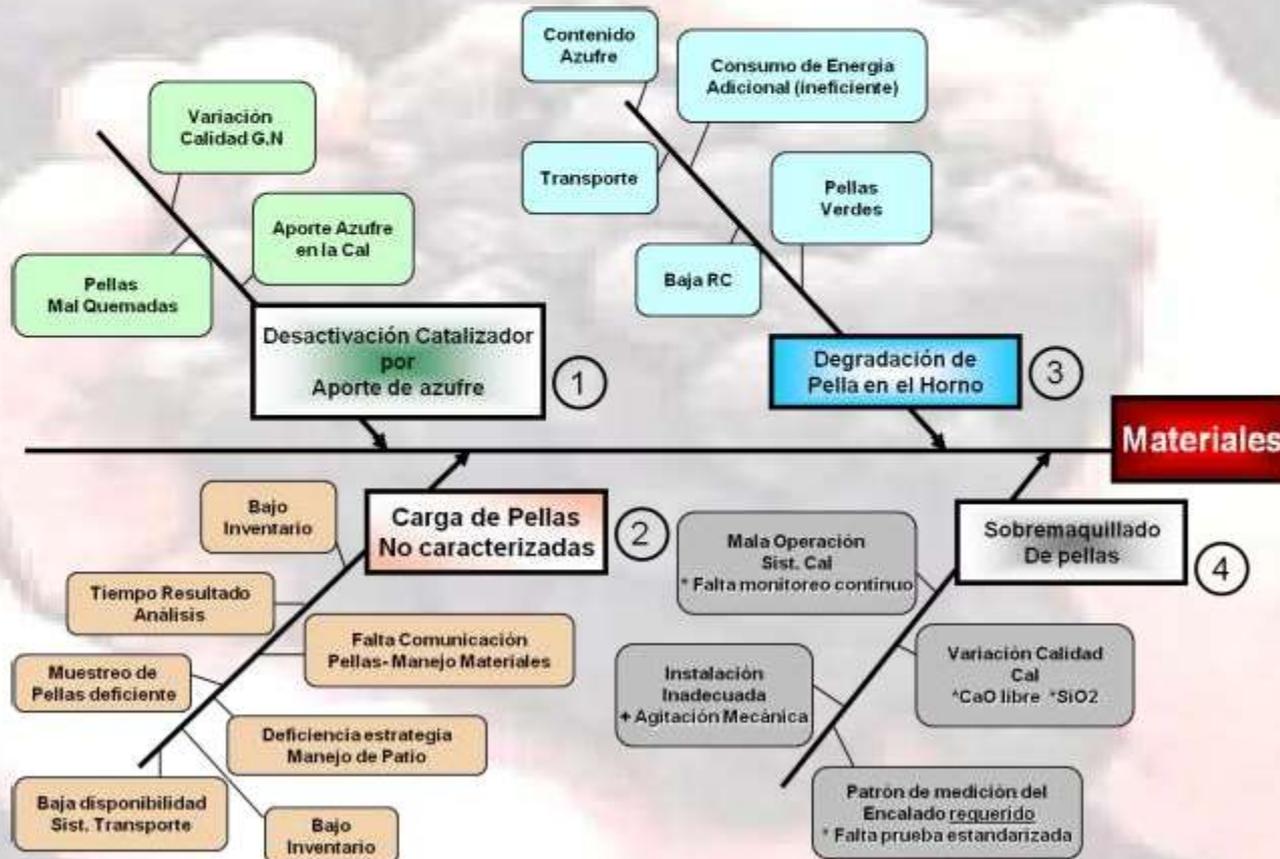
# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

## GRÁFICOS DE CONTROL

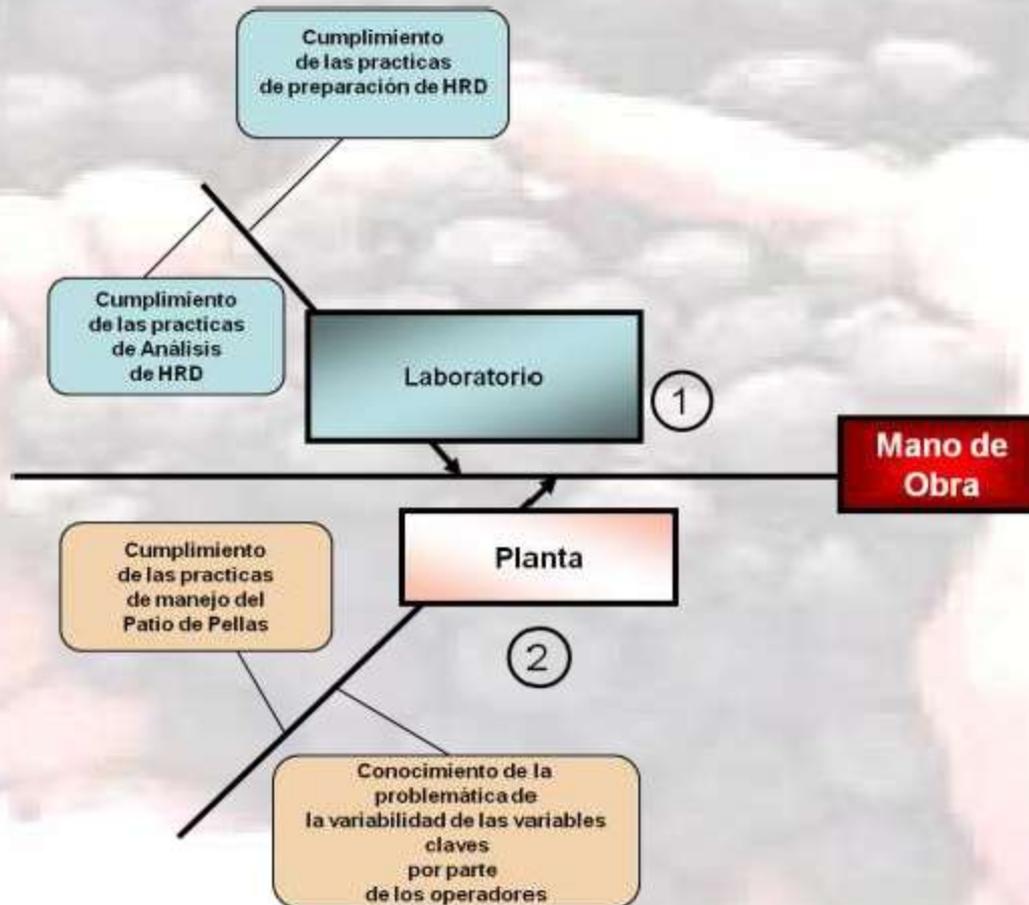


# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

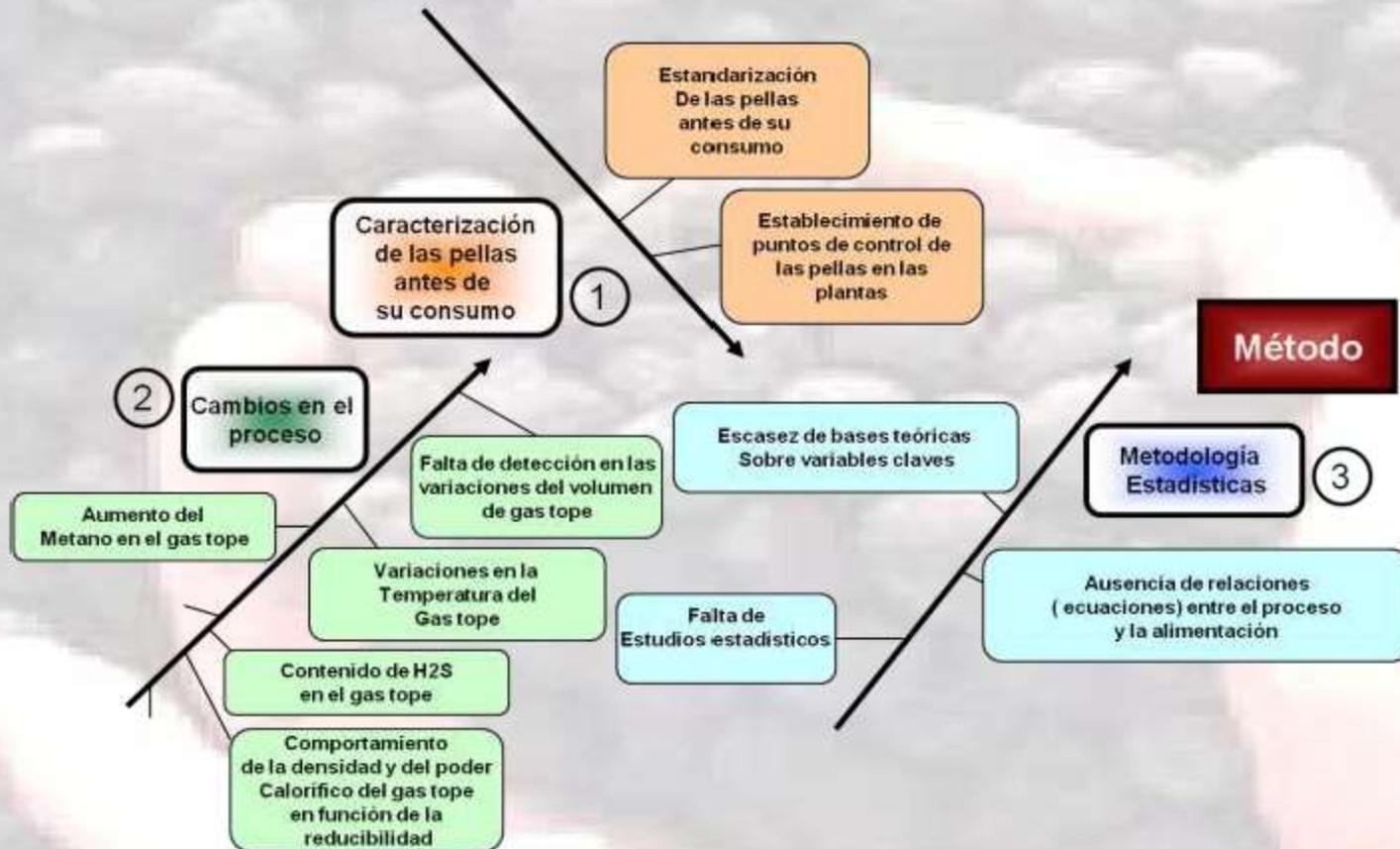
## DIAGRAMA CAUSA – EFECTO



# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS



# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS



# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS



# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

## DIAGRAMA DE PARETO

- Analizar las causas
- Estudiar los resultados
- Planear una mejora continua

La frecuencia representa la puntuación la cual va del 1 al 10



# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS



**Tabla .10. Aplicación Diagrama de Pareto Variable Claves Proceso Midrex (Materiales)**



Tipos de Causas	Frec	%Frec	% Acum
<b>MATERIALES</b>			
Desactivación Catalizador por aporte de azufre .			
Variación Calidad	3	60	60%
Aporte Azufre en la Cal	1	20	80%
Pellas Mal Quemadas	1	20	80%
Total	<b>5</b>	<b>100</b>	
Degradación de Pella en el horno			
Pellas Verdes	2	66,66	66,66
Contenido Azufre	1	33,33	99,99
Total	<b>3</b>	<b>99,99</b>	
Bobremaquillado De pellas			
Variación Calidad CaF <sup>2</sup> CaO libre *SiO <sub>2</sub>	2	66,66	66,66
Mala Operación Sist. CaF <sup>2</sup> Falta monitoreo continuo	1	33,33	99,99
Total	<b>3</b>	<b>99,99</b>	

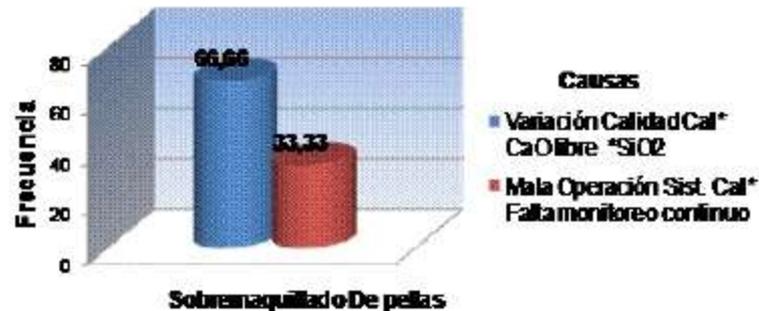
# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS



**Diagrama de Pareto**



**Diagrama de Pareto**



# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS



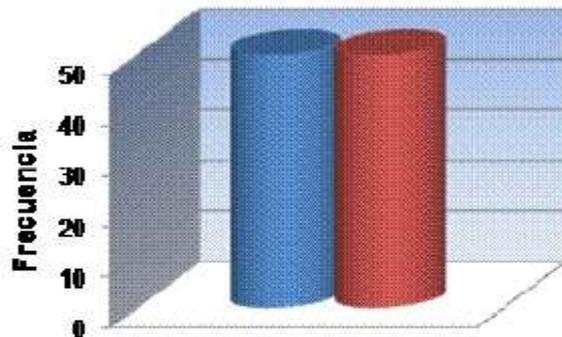
**Tabla .11. Aplicación Diagrama de Pareto Variable Claves Proceso Midrex (Mano de Obra)**

Tipos de Causas	Frec	%Frec	%Acum.
<b>MAHO DE OBRA</b>			
<b>Laboratorio</b>			
cumplimiento de las practicas de preparación de HRD	1	50	50
cumplimiento de las practicas de Análisis de HRD	1	50	100
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>100</b>	
<b>Planta</b>			
Pocos conocimiento de la problemática de la variabilidad de las variables claves	8	44,44	44,44
Las condiciones típicas están en poder del ingeniero de proceso y no se han actualizado, no se encuentra disponibles para los operadores	10	55,55	99,99
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>99,99</b>	

# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS



## Diagrama de Pareto

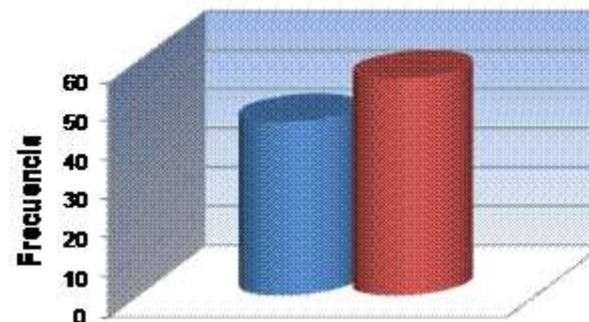


Laboratorio

### Causas

- cumplimiento de las practicas de preparación de HRD
- cumplimiento de las practicas de Análisis de HRD

## Diagrama de Pareto



Planta

### Causas

- Pocos conocimiento de la problemática de la variabilidad de las variables claves
- Las condiciones típicas están en poder del ingeniero de proceso y no se han actualizado, no se encuentra disponibles para los operadores

# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS



Tabla .12. Aplicación Diagrama de Pareto Variable Claves Proceso Midrex (Método)

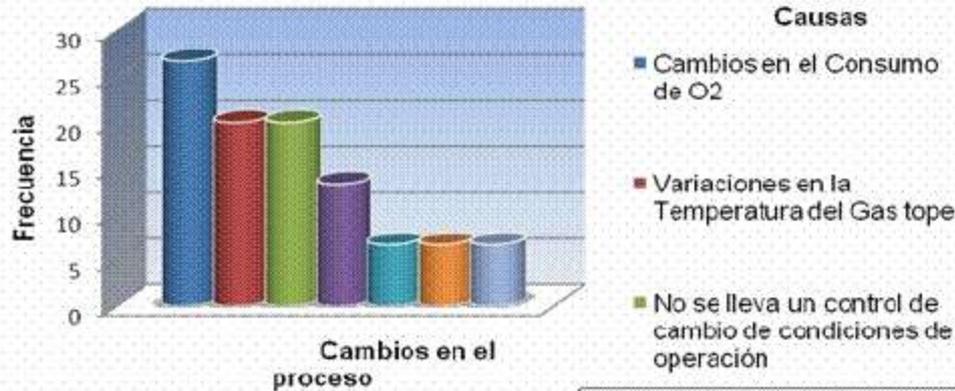
Tipos de Causas	Frec	%Frec	%Acum
<b>METODO</b>			
Cambios en el proceso			
Cambios en el Consumo de O <sub>2</sub>	4	26,67	26,67
Variaciones en la Temperatura del Gas tope	3	20	46,67
No se lleva un control de cambio de condiciones de operación	3	20	66,67
Aumento del Metano en el gas tope	2	13,34	80,01
Ajuste de los parámetros de Proceso según la Caracterización de Las pellas	1	6,66	86,67
Falta de detección en las variaciones del volumen de gas tope	1	6,66	93,33
Contenido de H <sub>2</sub> S en el gas tope	1	6,66	99,99
Total	15	99,99	
<b>Metodología Estadísticas</b>			
Falta de Estudios estadísticos	10	35,71	35,71
Ausencia de relaciones (Ecuaciones) entre el proceso y la alimentación	10	35,71	71,42
Escasez de bases teóricas sobre variables claves	8	28,58	100
Total	28	100	



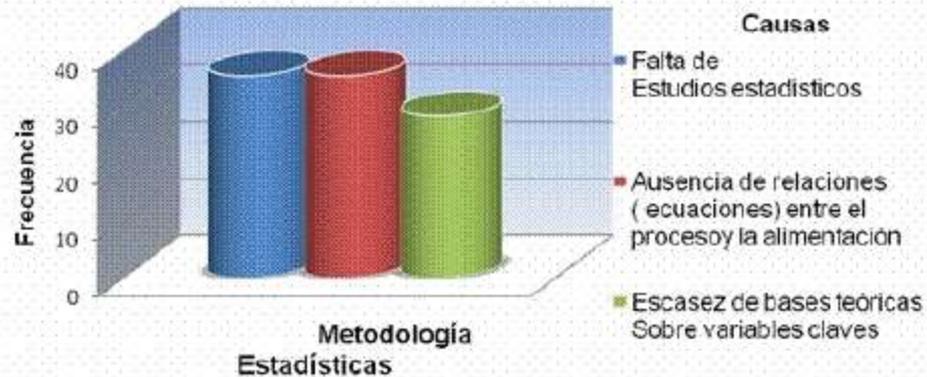
# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS



## Diagrama de Pareto



## Grafico de Pareto



# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Tabla .13. Aplicación Diagrama de Pareto Variable Claves Proceso Midrex (Equipo)

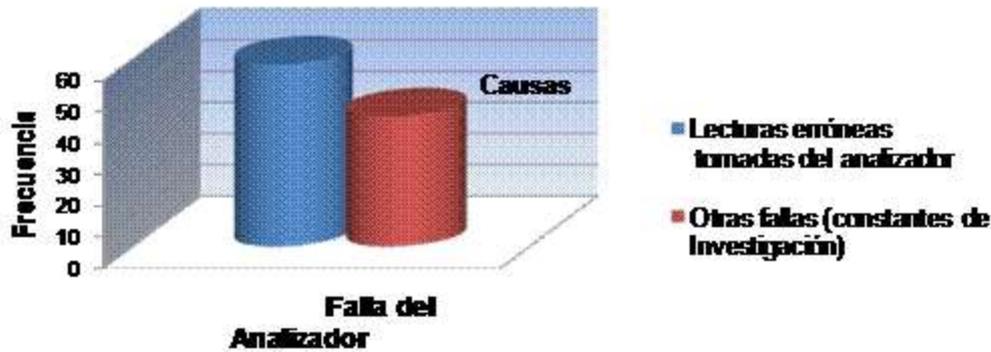
Tiposde Causas	Frec	%Frec	%Acum.
<b>EQUIPO</b>			
<b>Falla del Analizador</b>			
Lecturas erróneas tomadas delanalizador	7	58,33	58,33
Otras fallas (constantes de Investigación)	5	41,67	100
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>100</b>	



# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS



**Diagrama de Pareto**



Se debe tomar en cuenta que si no existe una metodología estadística aplicadas puede ocasionar fallas en la lectura y por eso esta es la causa más incidente en la parte del equipo.

# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

## ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD

En cuanto a la capacidad del proceso se debe tener en claro que para obtener resultados reales y confiables acordes con el proceso Midrex se debe obtener gráficos de control que estén bajo control estadísticos, dado que las variables de calidad tomadas del proceso las cuales son las principales no se encuentran bajo estas condiciones, no es posible calcular el índice de la capacidad ya que no sería la correspondiente a dicho proceso y se recomienda hacer un estudio más exhaustivo y eliminar la causas asignables ya que el proceso es sumamente complejo y se debe ser precavido a la hora de manipular los datos.



# CONCLUSIONES

1. La planta de Reducción Directa Midrex I, posee en la actualidad una capacidad de producción de 103 tn/h.
2. La capacidad de producción de la planta depende del volumen de los gases que se manejan en un momento dado, especialmente del volumen de gas reformado.
3. La planta de Reducción Directa cuenta con seis variables claves las cuales son: %CO<sub>2</sub> en gas reformado, %CH<sub>4</sub> en gas reformado, %CO<sub>2</sub> en gas tope, %H<sub>2</sub>O en gas proceso, Temperatura de gas Bustle, Temperatura del centro del reactor. Las cuales poseen analizadores individuales que dan la lectura de los datos que arroja el sistema.



# CONCLUSIONES

4. Se determinaron los límites de control correspondientes a los datos suministrados por el sistema dando como resultado que las variables claves del Proceso de las Plantas Midrex I están fuera del control estadístico.
5. El diagrama Causa-Efecto expuesto anteriormente se mostraron cuáles son las causas y de que áreas provienen las causas dando como resultados en el Diagrama de Pareto cuáles son las causas triviales, vitales o dudosas en este caso fue.



# CONCLUSIONES

6. En la actualidad la planta Midrex I posee mucha limitante que imposibilitan el aumento de la producción.
7. La metodología estadística y los análisis con los diagramas Causa-Efecto y Pareto análisis de la planta Midrex I, presentada en este trabajo, sirve como primera fase para alcanzar la Mejora Continua de la Calidad en el Proceso de Reducción Directa (Midrex).
8. Dado que las variables claves se encuentran fuera del control estadístico no se puede determinar la capacidad del proceso ya que no es confiable el estudio, en este caso se plantea hacer nuevamente el estudio.



# RECOMENDACIONES

1. Dado que el tiempo dispuesto para el estudio no es suficiente se recomienda realizar un estudio detallado de las variables claves observando su comportamiento y aspectos de calidad.
2. Realizar un estudio de tiempo para verificar y comparar los resultados que arroja el sistema diariamente para obtener resultados cercanos a la realidad y realizar así el estudio estadístico lo cual determine con exactitud los límites correspondientes al proceso.



# RECOMENDACIONES

3. Estudiar a profundidad las causa de la variabilidad con respecto a las variables del proceso Midrex de tipo operativas a fin de evitar los problemas de calidad con el producto final.
4. Mantenerse a la vanguardia, en relación a la tecnología, ya que a medida que ésta avanza, también se puede ir modificando la planta, con el objetivo de producir cada vez mayor cantidad y calidad de HRD, de una forma cada vez más eficaz y más eficiente.



# APÉNDICE





APENDICE N°1

DESCRIPCIÓN	CANTO	OBSERVADOR			Método Prato y Lambert						
		Temp. gas húmedo			% CO2 en gas Reforzo		% O2 en gas Reforzo		% de CO2 en gas total		Temp. Lecho 13 metros
		1	2	3	1	2	1	1	1	1	
		TASLL_1336_1	TASLL_1336_2	TASLL_1336_3	1506_1	1506_2	1506_1	---	1501	TASRR_13113	
02/09/2008	1	974.2894	974.6783	973.2783	2.2692	3.2048	1.3217		17.6384	18.7825	873.8221
04/09/2008	2	978.2468	977.8429	977.1367	2.5304	3.2433	1.3293		16.8130	19.1163	888.0250
05/09/2008	3	979.8983	979.6529	978.9294	2.6871	3.2279	1.4888		16.5413	18.8017	794.1896
09/09/2008	4	980.3233	980.5817	979.3942	2.8475	3.2133	1.2967		16.9642	19.1315	743.3638
10/09/2008	5	979.9682	979.6788	978.9296	2.8680	3.2271	1.3221		17.8886	18.8954	796.2004
11/09/2008	6	979.9882	979.6584	979.8479	2.6475	3.2079	1.2875		16.7113	19.3871	727.9988
12/09/2008	7	980.0687	979.7838	978.8917	2.8679	3.2796	1.2888		16.9613	19.2354	750.4438
13/09/2008	8	979.9821	979.6654	978.8738	2.8490	3.2680	1.2888		16.7938	18.9383	769.1350
14/09/2008	9	980.0542	979.7878	978.8548	2.7642	3.2479	1.4282		16.9787	18.6682	762.6771
15/09/2008	10	979.9200	979.6667	978.8121	2.8208	3.2625	1.2538		16.9442	18.2448	765.4671
16/09/2008	11	980.6960	980.2164	979.5483	2.8548	3.2633	1.3848		16.8258	19.2525	773.3467
17/09/2008	12	979.9598	979.6242	978.8879	2.8488	3.2100	1.2888		16.7684	19.3671	779.3321
20/09/2008	13	980.4804	980.1482	979.4825	2.8100	3.4117	1.3417		16.6280	18.7767	738.0696
24/09/2008	14	978.8142	974.7879	973.3363	2.7482	3.4546	1.3371		16.8854	18.8488	783.0054
26/09/2008	15	978.6138	974.7875	973.8278	2.8598	3.3328	1.2982		17.1854	18.9679	782.8621
27/09/2008	16	974.8871	974.6882	973.8825	2.7958	3.2871	1.2342		17.2548	19.7754	724.9579
28/09/2008	17	974.9854	974.7883	973.9383	2.6279	3.2121	1.3925		16.8882	18.7283	796.0748
29/09/2008	18	977.7567	977.5136	976.7464	2.7192	3.2116	1.1958		17.8188	18.1279	871.3438
30/09/2008	19	980.6088	979.7433	978.9425	2.7889	3.2654	1.3917		16.8133	18.7575	843.4300
Error		0.18	0.10	0.18	0.18	0.18	0.18		0.18	0.18	0.18
Promedio		978.9194	978.2089	977.4451	2.6338	3.2825	1.3223		16.8229	18.9441	787.5287
Estadístico t student		1.7341	1.7341	1.7341	1.7341	1.7341	1.7341		1.7341	1.7341	1.7341
Desviación standard		2.3482	2.2242	2.2480	0.8482	0.8421	0.8788		0.1680	0.3887	18.1883
Número de Observaciones		19	19	19	19	19	19		19	19	19
Cálculo de Límites											
Superior		978.4474	979.1218	978.3780	2.8458	3.2173	1.3585		16.9889	19.8627	748.1187
Inferior		977.8854	977.2822	976.5142	2.5497	3.2678	1.2941		16.8888	18.8244	711.9427
Intervalo de la muestra											
		1.8629	1.8493	1.8618	0.2960	0.0494	0.0584		0.1344	0.2382	31.1848
Utilizando el Límite Superior											
Si está en aceptación	Se acepta N		Se acepta N	Se acepta N	Se acepta N						
Utilizando el Límite Inferior											
Si está en aceptación	Se Acepta N		Se Acepta N	Se Acepta N	Se Acepta N						
Número de Observaciones rechazadas =											
Utilizando el Límite superior											
Utilizando el Límite superior	no hacen falta más datos		no hacen falta más datos	no hacen falta más datos	no hacen falta más datos						
Utilizando el Límite inferior											
Utilizando el Límite inferior	no hacen falta más datos		no hacen falta más datos	no hacen falta más datos	no hacen falta más datos						
Muestras a tomar											
Utilizando el Límite superior	ninguna		ninguna	ninguna	ninguna						
Utilizando el Límite inferior	ninguna		ninguna	ninguna	ninguna						



		OBSERVADOR		BRANNYS AMUNDARAY	
		Cabilla 7/8"		Cabilla 8/8"	
		1	2	1	2
		Línea 1 de laminación	Línea 2 de Laminación	Línea 1 de laminación	Línea 2 de Laminación
Descripción	Ciclo	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)	Peso (Kg)
	1	3070,00	3500,00	2340,00	2400,00
	2			7772,00	3506,00
	3			5394,00	2946,00
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				

**Error**

<b>Promedio</b>		3070,0000		3500,0000		5168,6667		2950,6667
<b>Estadístico t student</b>	✓	#¡NUM!	✓	#¡NUM!		2,9200		2,9200
<b>Desviación standard</b>	✓	#¡DIV/0!	✓	#¡DIV/0!		2723,0015		553,0148
<b>Número de Observaciones</b>			1		1		3	
<b>Calculo de Límites</b>								
<b>Superior</b>	✓	#¡NUM!	✓	#¡NUM!		9759,2509		3882,9691
<b>Inferior</b>	✓	#¡NUM!	✓	#¡NUM!		578,0824		2018,3643
<b>Intervalo de la muestra</b>	✓	#¡NUM!	✓	#¡NUM!		9181,1686		1864,6048
<b>Utilizando el Límite Superior</b>								
<b>Si <math>Im &lt; l</math> se acepta</b>	✓	#¡NUM!	✓	#¡NUM!	Se acepta N			Se acepta N
<b>Utilizando el Límite Inferior</b>								
<b>Si <math>Im &lt; l</math> se acepta</b>	✓	#¡NUM!	✓	#¡NUM!	Hay que recalcular N			Se Acepta N
<b>Numero de Observaciones requeridas =</b>								
<b>Utilizando el Límite superior</b>	✓	#¡NUM!	✓	#¡NUM!	no hacen falta más datos			no hacen falta más datos
<b>Utilizando el Límite inferior</b>	✓	#¡NUM!	✓	#¡NUM!			757	no hacen falta más datos
<b>Muestras a tomar</b>								
<b>Utilizando el Límite superior</b>	✓	#¡NUM!	✓	#¡NUM!	ninguna			ninguna
<b>Utilizando el Límite inferior</b>	✓	#¡NUM!	✓	#¡NUM!			754	ninguna