



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

**Evaluación de la inversión de sacarosa, mediante el método de azúcares reductores, y la aplicación del bactericida en los jugos procedentes de los molinos en el Ingenio Azucarero del Norte.**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos para optar por el título de Ingeniero en Producción Industrial

Profesor Guía

Ingeniera María Judith Villegas, MBA

Autor

Christian H. Amador Chamorro

Año

2009

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

---

Ingeniera María Judith Villegas, MBA

CI: 1709160723

### **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

---

Christian Amador Chamorro

CI: 1003333091

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco sinceramente a todas las personas que colaboraron con la elaboración de este trabajo, entre esas personas están:

Ingeniero Rubén Guzmán  
Jefe de Control de Calidad

Ingeniera Andrea Rocha  
Asistente de Laboratorio de Control de  
Calidad

Ingeniero Jorge Castro  
Jefe de Producción

Anita Checa y Daniel Gudiño  
Colaboradores del proceso de  
producción

## **DEDICATORIA**

Este trabajo, se lo dedico a mi familia por el apoyo incondicional que me ha brindado a través del transcurso de esta etapa de mi vida, también se lo dedico a mis compañeros universitarios y a todos mis amigos, por los buenos y malos momentos que compartimos durante estos años.

Muchas gracias a todos.

**Christian Hernán Amador Chamorro**

## RESUMEN

Este trabajo se ha realizado debido a la necesidad de hacer un seguimiento minucioso del control de calidad del jugo de caña extraído en el Tándem de molienda del Ingenio Azucarero del Norte, evaluando las pérdidas de sacarosa por inversión.

Así, se recolectaron muestras aleatorias de jugo primario y jugo mixto. A estos jugos se les realizó el análisis de azúcares reductores y de brix para determinar los niveles actuales, y calcular así las pérdidas generadas a causa de la inversión de la sacarosa antes de la aplicación del bactericida.

Ya recolectada la información de la situación actual y determinado el método de evaluación, se procedió a tomar nuevas muestras, pero esta vez con la aplicación de un bactericida, el cual controla parcialmente la inversión de la sacarosa, al ser suministrado constantemente durante el ciclo del proceso. Por lo tanto, a estas nuevas muestras se les realizó el análisis de azúcares reductores y de brix, para determinar los nuevos niveles en los jugos primario y mixto, y calcular así las pérdidas generadas a causa de la inversión de la sacarosa después de la aplicación del bactericida.

Además se realizó el análisis de microorganismos existentes en los jugos primario y mixto, para validar la efectividad del bactericida.

Con toda esta información se pudo determinar la efectividad del bactericida, al comparar las pérdidas de kilogramos de sacarosa por tonelada de caña molida, antes y después de la aplicación del bactericida.

## ABSTRACT

This work has been developed due to the need of making a meticulous follow up of the quality control of the cane juice extracted in the milling tandem at the “Ingenio Azucarero del Norte”, evaluating sucrose losses by inversion.

In this way, random samples of primary and mixed juices were gathered. The reducing sugars and brix analysis of these juices were performed in order to determine the current levels, and in this way calculate the losses generated due to sucrose inversion prior to bactericidal application.

Once gathered the information of the current situation and determined the method of evaluation, new samples were taken, but this time with the application of the bactericidal, which controls partially the sucrose inversion that was given constantly during the cycle of the process. Therefore, the analysis of reducing sugars and brix was realized to these new samples, to determine the new levels of the primary and mixed juice and calculate the losses generated by the sucrose inversion after the application of the bactericidal.

In addition, an analysis of existing microorganism in primary and mixed juices was performed, with the purpose of validating bactericidal efficiency.

With all this information it was possible to determine the efficiency of the bactericidal, by comparing the losses of kilograms of sucrose per ton of milled cane, before and after the application of the bactericidal.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
1 CAPÍTULO I.....	3
1.1 ANTECEDENTES .....	3
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	3
1.2.1 Lugar.- .....	3
1.2.2 Misión.- .....	3
1.2.3 Visión.....	4
1.2.4 Organización.....	4
1.2.5 Mapa de procesos: .....	4
1.3 ALCANCE .....	5
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	5
1.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO:.....	5
1.5.1 Objetivo General.....	5
1.5.2 Objetivos específicos:.....	6
2 CAPÍTULO II.....	7
2.1 METODOLOGÍA UTILIZADA.....	7
2.1.1 METODOLOGIA DMAIC` .....	7
2.1.1.1 FASE DEFINE.....	8
Definir foco de mejora .....	8
Identificar características críticas .....	8
Definir objetivo de mejora .....	9
Formalizar el proyecto.....	9
2.1.1.2 HERRAMIENTAS DE LA FASE DEFINE .....	9
Matriz de Priorización.....	9
Diagramas de Flujo.....	9
Diagrama IDEF0 .....	10
Análisis de Pareto .....	12

CT Flowdown (“Critical to Flowdown”) .....	15
Diagrama SIPOC (macro) .....	17
El Project Charter .....	18
2.1.1.3 FASE MEASURE .....	19
Mapear el proceso .....	20
Definir y validar la medición .....	20
Determinar la estabilidad o capacidad del proceso.....	20
Confirmar el objetivo del proyecto de mejora.....	20
2.1.1.4 HERRAMIENTAS DE LA FASE MEASURE.....	21
Diagrama SIPOC detallado.....	21
Histograma.....	21
Diagrama de puntos.....	21
Diagrama de caja.....	23
Matriz de causa y efecto .....	23
Gráficos de control .....	24
Estudio de capacidad del proceso .....	25
2.1.1.5 FASE ANALYZE.....	26
Identificar causas potenciales .....	26
Seleccionar las causas primarias.....	26
2.1.1.6 HERRAMIENTAS DE LA FASE ANALYZE .....	27
Análisis de causa y efecto (Diagrama de Ishikawa) .....	27
Diagrama de dispersión o diagrama de correlación .....	27
Análisis Multivariante .....	27
Análisis de fallas potenciales .....	28
2.1.1.7 FASE IMPROVE .....	28
Generar o seleccionar soluciones.....	30
Validar la solución.....	30
2.1.1.8 HERRAMIENTAS DE LA FASE IMPROVE.....	31
Diagrama de Resolución de conflictos (DRC).....	31
Diagrama de árbol.....	32
Árbol de Contingencias .....	33
2.1.1.9 FASE CONTROL .....	34
Estandarizar las mejoras.....	34
Finalizar el proyecto de mejora .....	34

2.1.1.10	HERRAMIENTAS DE LA FASE CONTROL .....	35
	Capacitación .....	35
	Cinco S .....	35
	Poka Yoke.....	36
	Documentación .....	36
2.2	CONCEPTOS Y MÉTODOS PARA DETERMINAR INDICADORES DE CONTROL DE CALIDAD Y DESEMPEÑO. .	37
2.2.1	<i>Azúcares Reductores</i> .....	37
2.2.2	<i>Sacarosa</i> .....	37
2.2.3	<i>Fructosa</i> .....	38
2.2.4	<i>Glucosa</i> .....	38
2.2.5	<i>Invertasa</i> .....	39
2.2.6	<i>Bacterias y Microorganismos</i> .....	39
2.2.7	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> .....	40
2.2.8	<i>Dextranas</i> .....	40
2.2.9	<i>Análisis de jugos</i> .....	41
2.2.10	<i>Eficiencia de la molienda</i> .....	41
2.2.11	<i>Curva de Brix</i> .....	42
2.2.12	<i>Brix aerométrico</i> .....	42
2.2.13	<i>Brix refractométrico</i> .....	42
2.2.14	<i>Fibra en la caña</i> .....	43
2.2.15	<i>Humedad en el bagazo</i> .....	43
2.2.16	<i>Bagazo</i> .....	43
2.2.17	<i>Pol en el Bagazo</i> .....	43
2.2.18	<i>Medición del pH en productos azucarados</i> .....	43
2.2.19	<i>Porcentaje de Materia Extraña</i> .....	44
2.2.20	<i>Análisis de preparación y molienda</i> .....	44
2.2.21	<i>Índice de preparación (PI)</i> .....	44
2.2.22	<i>Rendimiento probable de la caña</i> .....	44
2.2.23	<i>Caña</i> .....	45

3	CAPÍTULO III .....	46
3.1	SITUACIÓN DEL PROCESO ANTES DE LA APLICACIÓN DEL BACTERICIDA.....	46
3.1.1	<i>PROCESO DE ELABORACIÓN DE AZÚCAR</i> .....	46
3.1.2	<i>EL PROCESO DE LA MOLIENDA</i> .....	47
3.1.2.1	Recepción de materia prima.....	47
3.1.2.2	Almacenamiento en el patio .....	48
3.1.2.3	Cargar Alimentador con Caña .....	48
3.1.2.4	Preparación de la caña para la molienda .....	48
	Picar la caña .....	48
	Desfibrado.....	51
	Separación de fragmentos metálicos .....	51
3.1.2.5	Molienda:.....	51
	Extracción de jugo en el primer molino .....	51
	Extracción de jugo en el segundo molino.....	52
	Extracción de jugo en el tercer molino .....	52
	Extracción de jugo en el cuarto molino .....	52
3.1.2.6	Filtración y Almacenamiento .....	53
3.1.3	<i>FASE DEFINE</i> .....	53
3.1.3.1	Definición del foco de mejora .....	53
3.1.3.2	Identificación de las características críticas .....	54
3.1.3.3	Objetivo de Mejora .....	56
3.1.3.4	Impacto Financiero.....	56
3.1.3.5	Recursos .....	58
3.1.4	<i>FASE MEASURE</i> .....	58
3.1.4.1	Mapear el proceso.....	58
3.1.4.2	FUNDAMENTOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS .....	59
3.1.4.3	Definir y validar la medición.....	59
3.1.4.4	Indicadores utilizados para determinar los cálculos de pérdidas de sacarosa en los molinos .....	59
	Toma de muestras: .....	60
	Determinación de Sólidos Solubles (%Brix).....	60
	Equipo: .....	60

Procedimiento:.....	60
Determinación de Azúcares Reductores en los jugos.....	61
Preparación de los reactivos: .....	62
Estandarización de las soluciones Fehling:.....	64
Preparación de la Solución Invertida Estándar .....	65
Procedimiento para estandarizar las soluciones fehling: .....	67
Cálculos: .....	68
Procedimiento para determinar los azúcares reductores: .....	68
Aplicación: .....	70
3.1.4.5 RESULTADOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO	
73	
3.1.4.6 Determinar la estabilidad del proceso .....	74
3.1.4.7 Confirmar el objetivo del proyecto de mejora .....	78
3.1.5 FASE ANALYSE.....	81
3.1.5.1 Identificar causas potenciales .....	82
3.1.5.2 Seleccionar las causas primarias .....	82
<b>4 CAPÍTULO IV.....</b>	<b>86</b>
4.1 SITUACIÓN DEL PROCESO DESPUÉS DE LA	
APLICACIÓN DEL BACTERICIDA .....	86
4.1.1 FASE IMPROVE.....	86
4.1.1.1 Generar soluciones .....	86
4.1.1.2 Validar la Solución.....	88
4.1.1.3 MÉTODOS UTILIZADOS PARA MEDIR LA EFECTIVIDAD DEL	
BACTERICIDA EN CUANTO A FORMACIÓN DE COLONIAS	
MICROBIANAS. ....	97
Método de Control Rápido Hygicult TPC .....	98
Incubación .....	99
Interpretación de los resultados.....	99
Periodos de aplicación del método.....	100
Método para el recuento de aerobios utilizando Placas Petrifilm.....	101
Preparación de la muestra para cinco placas petrifilm de jugo	
primario: .....	102

Inoculación: .....	102
Incubación:.....	103
Interpretación:.....	103
Recomendaciones:.....	103
Periodos de aplicación del método.....	105
4.1.1.4 RESULTADOS DEL MONITOREO MICROBIOLÓGICO DE LOS JUGOS PRIMARIO Y MIXTO.....	105
Método de recuento de aerobios utilizando placas petrifilm.....	105
Método de control rápido hygicult tpc.....	106
4.2 FACTORES DE ÉXITO DEL PROYECTO .....	107
4.2.1 FASE CONTROL.....	107
4.2.1.1 Estandarización de las mejoras.....	109
4.3 ANÁLISIS FINANCIERO DE LA PROPUESTA .....	110
5 CAPÍTULO V.....	113
5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	113
5.1.1 Conclusiones: .....	113
5.1.2 Recomendaciones:.....	114
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	116
7 ANEXOS.....	117
7.1 ANEXO 1: INSTRUCTIVO DE TRABAJO PARA LA DETERMINACIÓN DE FIBRA EN CAÑA.....	117
7.2 ANEXO 2: INSTRUCTIVO DE TRABAJO PARA DETERMINAR HUMEDAD EN EL BAGAZO.....	121
7.3 ANEXO 3: INSTRUCTIVO DE TRABAJO PARA LA DETERMINACIÓN DE POL EN BAGAZO. ....	124
7.4 ANEXO 4: INSTRUCTIVO DE TRABAJO PARA LA MEDICIÓN DE PH EN PRODUCTOS AZUCARADOS. ....	128
7.5 ANEXO 5: INSTRUCTIVO DE TRABAJO PARA LA DETERMINACIÓN DE % DE MATERIA EXTRAÑA. ....	130

7.6	ANEXO 6: INSTRUCTIVO DE TRABAJO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS DE PREPARACIÓN Y MOLIENDA.....	133
7.7	ANEXO 7: INSTRUCTIVO PARA DETERMINAR EL RENDIMIENTO PROBABLE EN LA CAÑA.....	135
7.8	ANEXO 8: GUÍA DE INTERPRETACIÓN DE PLACAS PETRIFILM. ..	138
7.9	ANEXO 9: HOJA TÉCNICA DEL BACTERICIDA Y FUNGICIDA PROCIDE BC 800 30H .....	141
7.10	ANEXO 10: DESCRIPCIÓN DE LA BOMBA PULSAFEEDER CHEM TECH	142
7.11	ANEXO 11: MANUAL DE INSTRUCCIONES DE LA BOMBA PULSAFEEDER CHEM TECH.....	144

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1, Mapa de procesos .....	4
Ilustración 2-1, Estructura DMAIC .....	7
Ilustración 2-2, Matriz de Priorización .....	10
Ilustración 2-3, Ejemplo de un diagrama de flujo.....	11
Ilustración 2-4, Representación de una actividad.....	13
Ilustración 2-5, Ejemplo de la estructura de un diagrama IDEF0 .....	14
Ilustración 2-6, Analisis de Pareto .....	15
Ilustración 2-7, Esquema Características Críticas del Flujo del Proceso. ....	16
Ilustración 2-8, Diagrama SIPOC .....	18
Ilustración 2-9, Ejemplo de un Histograma.....	22
Ilustración 2-10, Ejemplo de un diagrama de puntos .....	23
Ilustración 2-11, Ejemplo de un diagrama de caja.....	24
Ilustración 2-12, Ejemplo de un gráfico de control.....	25
Ilustración 2-13, Ejemplo de un diagrama de causa y efecto. ....	28
Ilustración 2-14, Ejemplos de tipos de dispersión o correlación .....	29
Ilustración 2-15, Ejemplo de un gráfico multivariante .....	29
Ilustración 2-16, Estructura de un Diagrama de Resolución de Conflictos.....	31
Ilustración 2-17, Ejemplo de un diagrama de árbol .....	32
Ilustración 2-18, Estructura del Process Decision Program Chart.....	33
Ilustración 2-19, Ejemplo de un poka yoke.....	36
Ilustración 2-20, Síntesis de sacarosa.....	38
Ilustración 2-21, Molécula de fructosa .....	39
Ilustración 3-1, Diagrama de flujo del proceso sin aplicación del bactericida. ...	49
Ilustración 3-2, Diagrama IDEF0, Proceso de Elaboración de Azúcar .....	50
Ilustración 3-3, Diagrama SIPOC macro del proceso.....	54
Ilustración 3-4, Árbol de características CTS, CTY, CTX. ....	55
Ilustración 3-5, Diagrama SIPOC detallado, antes de la aplicación del bactericida .....	59
Ilustración 3-6, Diagrama de proceso, determinación de brix.....	61
Ilustración 3-7, Diagrama de proceso, azul de metileno.....	63
Ilustración 3-8, Diagrama de proceso, solución fehling A.....	64
Ilustración 3-9, Diagrama de proceso, solución fehling B.....	66

Ilustración 3-10, Diagrama de proceso, solución invertida estándar .....	67
Ilustración 3-11, Diagrama de proceso, estandarizar las soluciones fehling ....	70
Ilustración 3-12, Diagrama de proceso para determinar azúcares reductores .	72
Ilustración 3-13, Resumen de datos (ARJP), antes del bactericida.....	75
Ilustración 3-14, Resumen de datos (ARJM), antes del bactericida. ....	76
Ilustración 3-15, Comparación de ARJP y ARJM, antes del bactericida. ....	76
Ilustración 3-16, Resumen Variación ARJM y ARJP, antes del bactericida. ....	77
Ilustración 3-17, Variación de ARJM-ARJP, antes del bactericida. ....	78
Ilustración 3-18, Diferencia entre medias de ARJP y ARJM, antes del bactericida.....	80
Ilustración 3-19, Pérdidas de sacarosa en kg/Tn, antes del bactericida.....	81
Ilustración 3-20, Correlación de datos entre Pérdidas kg/Tn vs. Variación ARJM-ARJP, antes del bactericida. ....	82
Ilustración 3-21, Diagrama Causa y Efecto variación entre ARJP y ARJM. ....	83
Ilustración 4-1, Diagrama SIPOC detallado del proceso, después de la aplicación del bactericida. ....	87
Ilustración 4-2, Resumen de datos (ARJP), después del bactericida.....	89
Ilustración 4-3, Resumen de datos (ARJM), después del bactericida. ....	90
Ilustración 4-4, Comparación de ARJP y ARJM, después del bactericida. ....	91
Ilustración 4-5, Correlación de datos entre Pérdidas kg/Tn vs. Variación ARJM- ARJP, después del bactericida.....	92
Ilustración 4-6, Resumen de azúcares reductores del jugo primario después del bactericida.....	94
Ilustración 4-7, Variación de ARJM-ARJP, después del bactericida. ....	94
Ilustración 4-8, Diferencia medias ARJP y ARJM, después del bactericida. ....	95
Ilustración 4-9, Diagrama de caja, Variación de AR, antes y después .....	95
Ilustración 4-10, Pérdidas de sacarosa en kg/Tn, después del bactericida.....	96
Ilustración 4-11, Diagrama de caja, Pérdidas de Kg/Tn, antes y después .....	97
Ilustración 4-12, Placa Hygicult TPC .....	98
Ilustración 4-13, Diagrama de proceso, placas hygicult TPC .....	100
Ilustración 4-14, Placas Petrifilm .....	101
Ilustración 4-15, Diagrama de proceso, placas petrifilm.....	104
Ilustración 4-16, Comparación de los resultados microbiológicos del jugo primario y del jugo mixto.....	106

Ilustración 4-17, Comparación de la variación de azúcares reductores, del jugo primario y jugo mixto, antes y después del bactericida. ....	108
Ilustración 4-18, Comparación de las pérdidas de kilogramos de sacarosa por tonelada de caña molida, antes y después del bactericida. ....	109
Ilustración 4-19, Comparación de las pérdidas de kilogramos sacarosa por tonelada de caña molida, antes y después del bactericida. ....	110
Ilustración 7-1, Guía de interpretación Placas Petrifilm. ....	138
Ilustración 7-2, Guía de interpretación Placas Petrifilm. ....	138
Ilustración 7-3, Guía de interpretación Placas Petrifilm. ....	139
Ilustración 7-4, Guía de interpretación Placas Petrifilm. ....	139
Ilustración 7-5, Guía de interpretación Placas Petrifilm. ....	140
Ilustración 7-6, Hoja técnica Procide BC 800 30H. ....	141
Ilustración 7-7, Descripción Bomba Chem Tech. ....	142
Ilustración 7-8, Descripción Bomba Chem Tech. ....	143
Ilustración 7-9, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech. ....	144
Ilustración 7-10, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech. ....	145
Ilustración 7-11, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech. ....	146
Ilustración 7-12, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech. ....	147
Ilustración 7-13, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech. ....	148
Ilustración 7-14, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech. ....	149
Ilustración 7-15, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech. ....	150
Ilustración 7-16, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech. ....	151
Ilustración 7-17, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech. ....	152
Ilustración 7-18, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech. ....	153
Ilustración 7-19, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech. ....	154
Ilustración 7-20, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech. ....	155
Ilustración 7-21, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech. ....	156
Ilustración 7-22, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech. ....	157

## Índice de Tablas

Tabla 3-1, Matriz de priorización .....	57
Tabla 3-2, Sustancias reductoras en jugos por el método rápido de Lane y Eynon. ....	71
Tabla 3-3, Situación del proceso, antes de la aplicación del bactericida.....	73
Tabla 3-4, Índice de Severidad.....	84
Tabla 3-5, Índice de Ocurrencia .....	84
Tabla 3-6, de Análisis de fallas potenciales.....	85
Tabla 4-1, Situación del proceso, después de la aplicación del bactericida.....	88
Tabla 4-2, Placas Hygicult TPC de comparación .....	99
Tabla 4-3, Resultados del monitoreo utilizando placas petrifilm.....	105
Tabla 4-4, Resultados del monitoreo utilizando el método de control rápido hygicult TPC, .....	107
Tabla 4-5, Cronograma de control de la aplicación del bactericida .....	108
Tabla 4-6, Análisis Financiero Proyectado a un Año.....	111
Tabla 4-7, Análisis Financiero Proyectado a Dos Años.....	112

## INTRODUCCIÓN

El proceso de elaboración de azúcar empieza en el campo, con el cultivo de la caña de azúcar. En el Ecuador, la mayoría de los cultivos son utilizados para la fabricación de azúcar y el resto para la elaboración artesanal de panela y alcohol.

La caña de azúcar está constituida por jugo, en mayores porcentajes, y fibra.

El jugo está compuesto por agua y sólidos solubles en agua, estos sólidos son la sacarosa, en mayores cantidades, y en menores cantidades, glucosa, fructosa, sales y otros.

La fibra o bagazo, es la parte insoluble en el agua, está constituida por celulosa.

La caña de azúcar se procesa en la etapa de la molienda, extrayendo el jugo de caña mediante grandes molinos para luego, en otras etapas, transformar este jugo de caña en azúcar blanca de uso doméstico o industrial.

El jugo de caña pierde sacarosa durante todo el proceso, es decir, desde el momento de la molienda hasta la llegada a la etapa de clarificación.

Cuando se muele la caña los jugos salpican por los panes del molino y circulan a través de las canaletas y cañerías continuamente durante la molienda. Estos jugos en esta parte del proceso están en contacto directo con muchos microorganismos que están adheridos a las superficies del metal.

La multiplicación de los microorganismos en los jugos diluidos extraídos de la caña de azúcar y su acumulación en la superficie de los molinos, canaletas y cañerías dan como resultado una pérdida considerable de la sacarosa que contiene el jugo, debido a la inversión de la sacarosa. Es decir, los microorganismos contribuyen a reducir el rendimiento del azúcar.

Para evitar que esto suceda, el jefe de producción ha decidido utilizar un bactericida, para combatir a estos microorganismos, aplicándolo en la molienda constantemente durante el ciclo del proceso, por medio de bombas que dosifican el bactericida de acuerdo a especificaciones.

Finalmente para verificar la efectividad del bactericida aplicado, se utiliza índices de control de calidad para comparar resultados antes y después de la aplicación del bactericida. Conjuntamente se realiza un monitoreo del nivel de contaminación microbiológica en los jugos primario y mixto.

# 1 CAPÍTULO I

## 1.1 ANTECEDENTES

Ante la presencia de microorganismos que contribuyen a reducir el rendimiento en el procesamiento del azúcar, se sabe que ya ha sido utilizado antes bactericida en los molinos, pero no se han registrado datos ni resultados, que permitan evaluar el beneficio de haber utilizado el químico.

El problema radica en que no existen métodos para generar datos, no existen registros de la utilización del bactericida, por lo que es imposible verificar si el uso de este bactericida ayuda a mejorar el rendimiento de la elaboración de azúcar.

## 1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

### 1.2.1 Lugar.-

El Ingenio Azucarero del Norte CEM (IANCEM), Se encuentra ubicado en Ibarra, Panamericana Norte km 25 vía Tulcán, Sector Tababuela.

### 1.2.2 Misión.-

Satisfacer las necesidades y expectativas de accionistas, cañicultores, clientes y trabajadores, mediante la producción y comercialización de azúcar bajo estándares de calidad, generando desarrollo y rentabilidad sostenida. Asumir este reto con responsabilidad frente a la sociedad al país y medio ambiente.

**1.2.3 Visión**

Ser una empresa líder y de vanguardia en la producción y comercialización de azúcar, en el norte del país, a través de un equipo humano creativo dentro de una organización moderna y flexible.

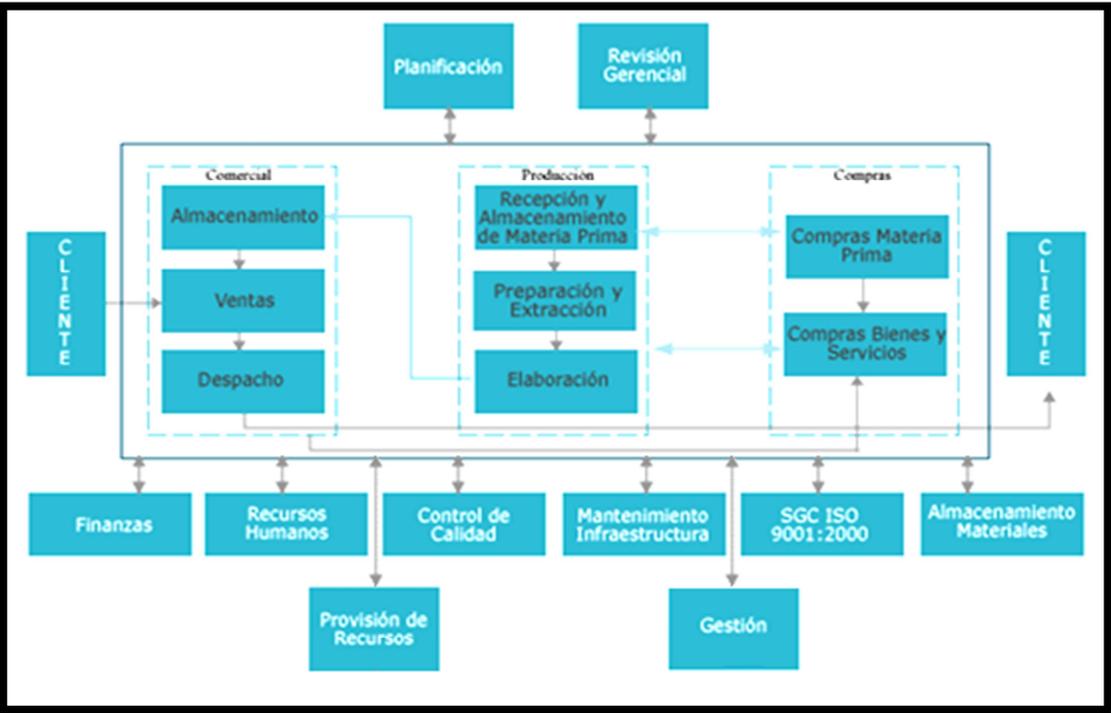
**1.2.4 Organización**

El Ingenio del Norte lo conforman 320 empleados repartidos en la planta de producción, laboratorios de control de calidad y oficinas administrativas. Se trabajan 48 semanas al año, todos los días, las 24 horas al día, divididas en 3 turnos.

**1.2.5 Mapa de procesos:**

El mapa de procesos se detalla en la ilustración 1-1

Ilustración 1-1, Mapa de procesos



Fuente: <http://www.tababuela.com> , Corregido por Christian Amador

### **1.3 ALCANCE**

Este estudio experimental fue realizado en la planta de producción, desde la etapa de la molienda hasta la sala de cocimiento.

El estudio se lo realiza en la etapa de la molienda debido a la adquisición de nueva maquinaria, por lo que se necesita evaluar el desempeño del proceso en estas nuevas condiciones.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

Es importante conocer el impacto negativo que tiene el crecimiento de microorganismos en los molinos, canales y tanques de almacenamiento; básicamente los microorganismos generan pérdidas al separar las moléculas de sacarosa en moléculas más simples de fructosa y glucosa. Por esta razón, este estudio es fundamental para determinar si la utilización de bactericida, genera resultados positivos en el control del nivel de contaminación microbiana y la disminución de la cantidad de azúcares perdidas en la planta de producción, al ser implementado en la nueva maquinaria de la etapa de la molienda.

El estudio además aporta en la reducción de costos de producción y mejoramiento del rendimiento de azúcar por tonelada de caña molida.

### **1.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO:**

#### **1.5.1 Objetivo General**

Determinar la efectividad de la concentración del bactericida utilizado para controlar el nivel de contaminación microbiana y disminuir la cantidad de azúcares perdidas en el proceso de elaboración de azúcar.

### **1.5.2 Objetivos específicos:**

- Caracterizar la contaminación microbiana en los procesos de preparación y extracción de jugo de caña.
  
- Establecer las medidas requeridas para el control de la contaminación microbiana en los procesos de preparación y extracción de caña.
  
- Plantear y aplicar una metodología que permita cuantificar las medidas de control aplicadas para establecer el efecto logrado.

## 2 CAPÍTULO II

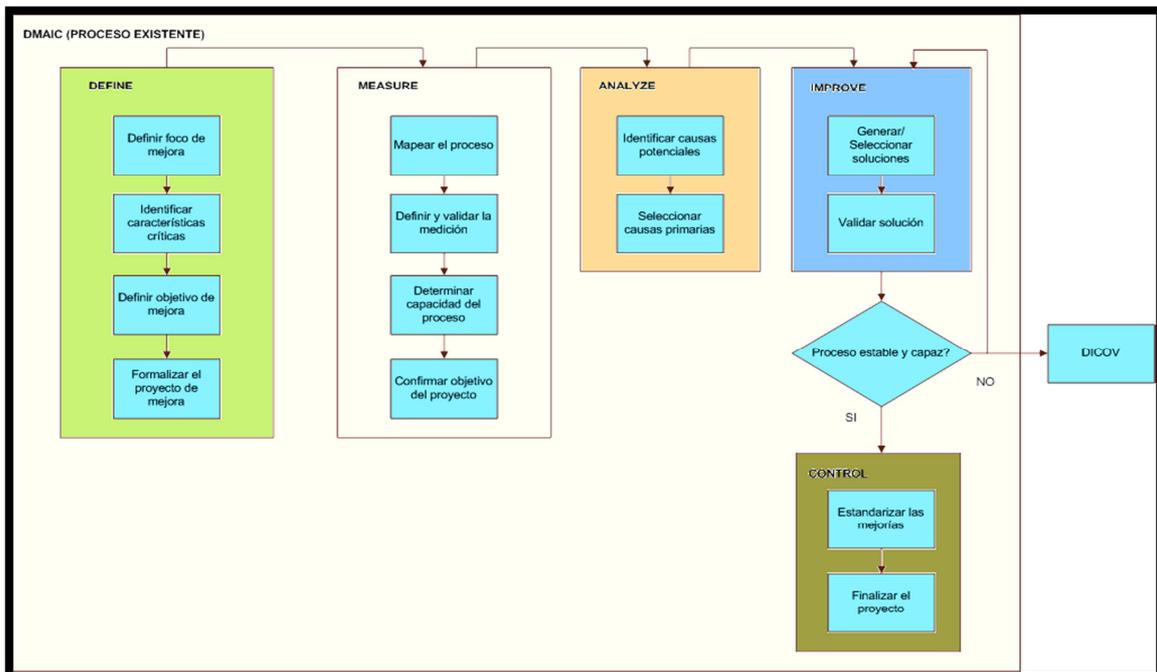
### 2.1 METODOLOGÍA UTILIZADA

#### 2.1.1 METODOLOGIA DMAIC <sup>1-2</sup>

DMAIC es un abordaje estructurado que promueve el uso integrado de varios métodos y herramientas en proyectos de mejoramiento cuyo objetivo es reducir drásticamente la variabilidad del desempeño de atributos relevantes para la satisfacción de los clientes.

El DMAIC es la espina dorsal de Seis Sigma para mejoramiento continuo de procesos existentes. La estructura de la metodología DMAIC se detalla en la ilustración 2-1.

Ilustración 2-1, Estructura DMAIC



Elaborado por Christian Amador; Fuente<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Qualiplus, Formación de Especialistas Six Sigma, Green Belt, Eduardo C. de Moura.

<sup>2</sup> Las Claves Prácticas de Seis Sigma, Peter S. Pande, Robert P. Neuman, Rolan R. Cavanagh.

<sup>3</sup> Qualiplus, Formación de Especialistas Six Sigma, Green Belt, Eduardo C. de Moura

- **DEFINE:** ¿Qué mejorar?
- **MEASURE:** ¿Cómo está el proceso?
- **ANALYZE:** ¿Por qué está así?
- **IMPROVE:** ¿Cómo mejorar?
- **CONTROL:** ¿Cómo implementar y mantener la mejora?

### 2.1.1.1 FASE DEFINE

Al aplicar la fase define se tendrá:

- Una visión clara de la importancia del proyecto.
- Entendimiento claro de las necesidades del cliente.
- Definición precisa del objetivo de mejora.
- Compromiso y soporte de la dirección de la empresa.

#### **Definir foco de mejora**

El tema debe ser de alta relevancia para el cliente final y los objetivos de la empresa. La elección de cada tema debe tener la participación y aprobación de la alta dirección de la empresa.

#### **Identificar características críticas**

Explicitar los principales requisitos del cliente relevantes para el tema seleccionado. Crítica se refiere al impacto en la satisfacción de los clientes finales.

## **Definir objetivo de mejora**

La definición del objetivo de mejora es la decisión más importante del proyecto. El objetivo debe ser expresado por una frase completa, de significado claro.

## **Formalizar el proyecto**

El plan o informe del proyecto de mejorías acompañará todas las fases.

### **2.1.1.2 HERRAMIENTAS DE LA FASE DEFINE**

#### **Matriz de Priorización**

Es una matriz que sirve para establecer la prioridad entre varias alternativas planteadas por el equipo de investigación. De esta manera resulta más fácil escoger la mejor alternativa que va a ser investigada.

Existen varios métodos de establecer una matriz de priorización siendo el objetivo el mismo, lo que se busca es comparar los diversos criterios respecto a un problema, contra varias alternativas de solución para cada criterio, logrando determinar cuál es la alternativa más adecuada para la resolución del criterio de mayor influencia dentro del mal funcionamiento del proceso de la organización. En la ilustración 2-2 se observa un ejemplo de una matriz de priorización de problemas.

#### **Diagramas de Flujo**

El objetivo de un diagrama de flujo, es documentar y representar gráficamente las etapas o tareas, la secuencia y las relaciones existentes en un proceso o sistema. En la ilustración 2-3 se observa un ejemplo de un diagrama de flujo.

Entre las aplicaciones principales están:

- Identificar problemas y oportunidades.
- Definir el alcance del proceso.
- Definir y documentar el proceso.
- Analizar los procesos para su mejora y simplificación.

**Ilustración 2-2, Matriz de Priorización**

Listado de problemas	Criterios					Puntaje total
	Gravedad (1 a 4)	Frecuencia (1 a 4)	Tendencia (1 a 4)	Valoración social (1 a 4)	Vulnerabilidad (0-2-4)	
P1						
P2						
P3						
P4						
P5						
P6						
P7						
P8						
P9						
P10						
P11						
P12						
P13						
P14						

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/7227934/Herramientas-de-Priorizacion>

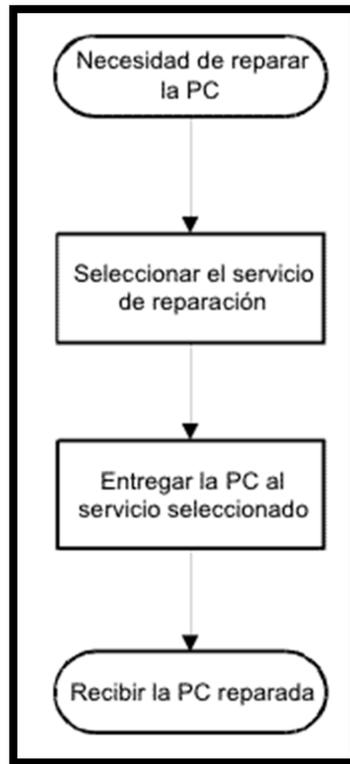
### Diagrama IDEF0 <sup>4</sup>

Un diagrama IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling), permite modelar gráficamente sistemas de diferente propósito y a cualquier nivel de detalle. Se aplica como medio para comunicar reglas y procesos de negocios, obtener una vista estratégica de un proceso y facilitar el análisis para identificar puntos de mejora.

Las actividades realizadas en la organización (entradas, salidas, control y mecanismos), se representan por medio de flechas como se observa en la ilustración 2-4.

<sup>4</sup> <http://www.pdca.es/documentos/metodologiaidef.ppt>

Ilustración 2-3, Ejemplo de un diagrama de flujo

Fuente: <sup>5</sup>

- Entradas.- son el material o información consumida o transformada por una actividad para producir “salidas”, están asociadas al lado izquierdo de la actividad (caja).
- Salidas.- son el producto, servicio o información, producidas por la actividad o proceso, están asociadas al lado derecho de la actividad.
- Control.- es todo aquello que controla o regula cómo, cuándo y si una actividad se ejecuta o no, están asociados al lado superior de la actividad. Ejemplos: normas, guías, políticas, calendarios, presupuesto, reglas, especificaciones, procedimientos.

<sup>5</sup> [http://www.elprisma.com/apuntes/administracion\\_de\\_empresas/quesonlosdiagramasdeflujo/](http://www.elprisma.com/apuntes/administracion_de_empresas/quesonlosdiagramasdeflujo/)

- Mecanismos.- son los recursos necesarios para ejecutar un proceso, están asociados al lado inferior de la actividad. Ejemplos: maquinaria, programas de cómputo, instalaciones, recursos humanos.

La estructura del modelo consiste en agrupar todas las actividades indicando la relación entre cada actividad utilizando flechas como se observa en la ilustración 2-5.

Algunas reglas para realizar un diagrama IDEF0 correctamente son:

- Diagrama Contexto:
  - Primer diagrama del modelo, diagrama A-0 (“A menos cero”).
  - Una sola actividad, número 0 y representa el objetivo del modelo.
- Diagramas siguientes A0, A1, A2,..., An, con actividades 1, 2,...,6.
- Todas las entradas, salidas, controles y mecanismos, en la actividad “padre”, deben aparecer en la actividad “hijo”.
- Las flechas, al igual que las actividades, se pueden dividir en 2 ó más en los diagramas “hijo”.

### **Análisis de Pareto**

Se usa esta herramienta cuando existen datos numéricos disponibles sobre varios temas potenciales de mejoramiento. Es muy útil porque permite comparar el impacto de diferentes problemas que afectan a un proceso. De esta manera se logra focalizar los esfuerzos de mejoramiento en las causas importantes. Aplicando el “Principio de Pareto”, el 20% de las causas (pocas vitales) resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas (muchos triviales) solo resuelven el 20% del problema. Se conoce también como la regla 80/20.

En la ilustración 2-6 se observa un ejemplo de la tabla de Pareto y el diagrama de Pareto.

Ilustración 2-4, Representación de una actividad

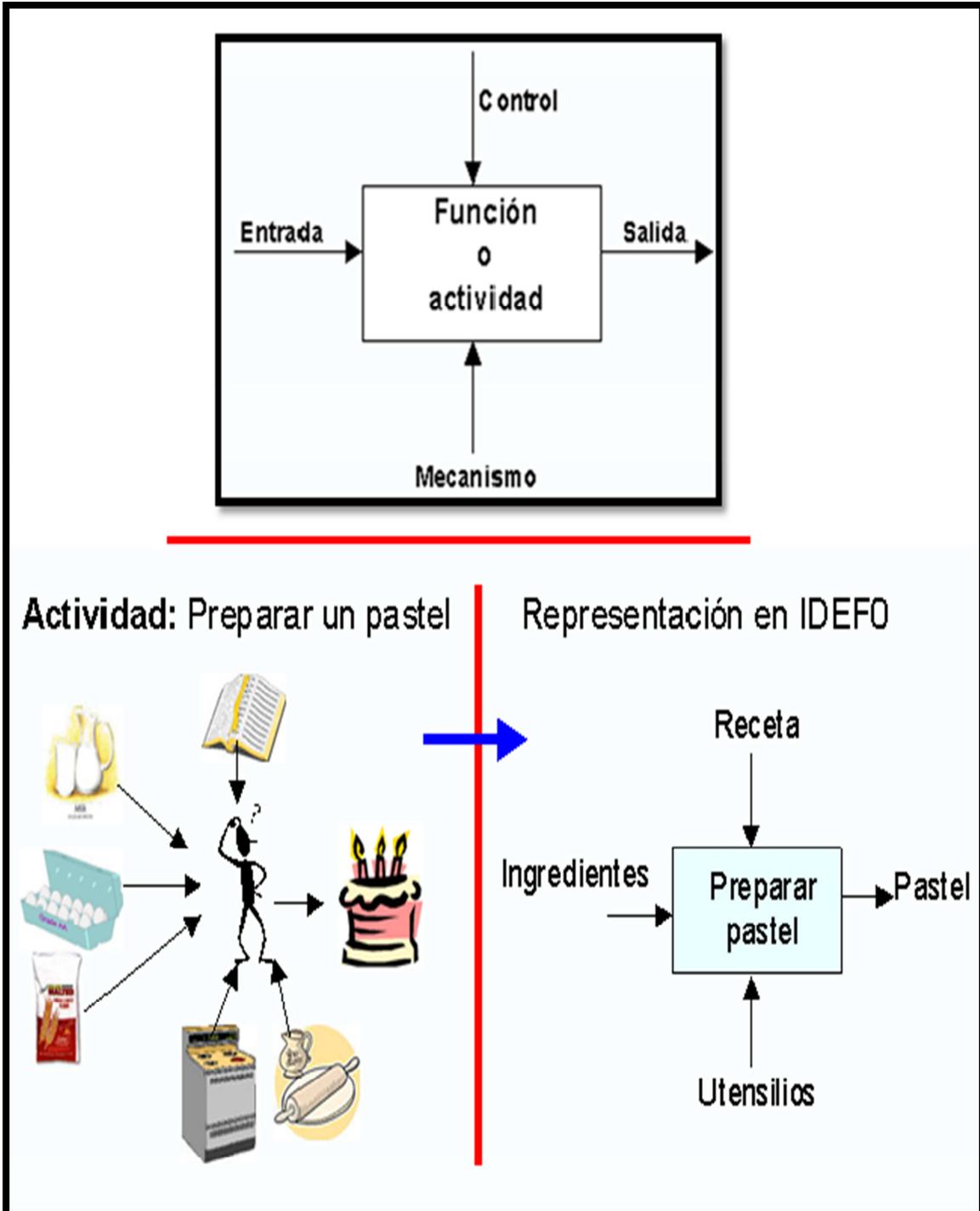
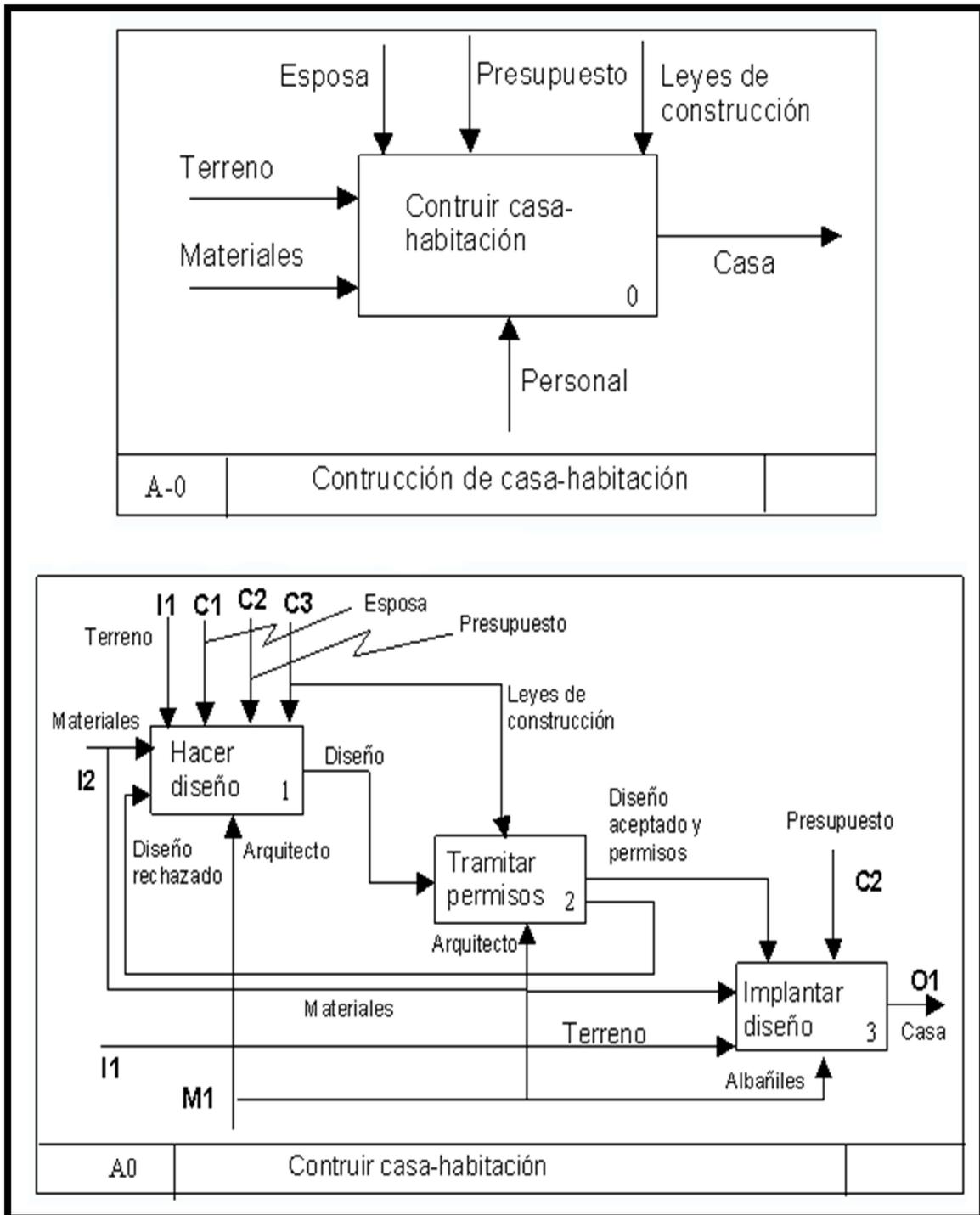
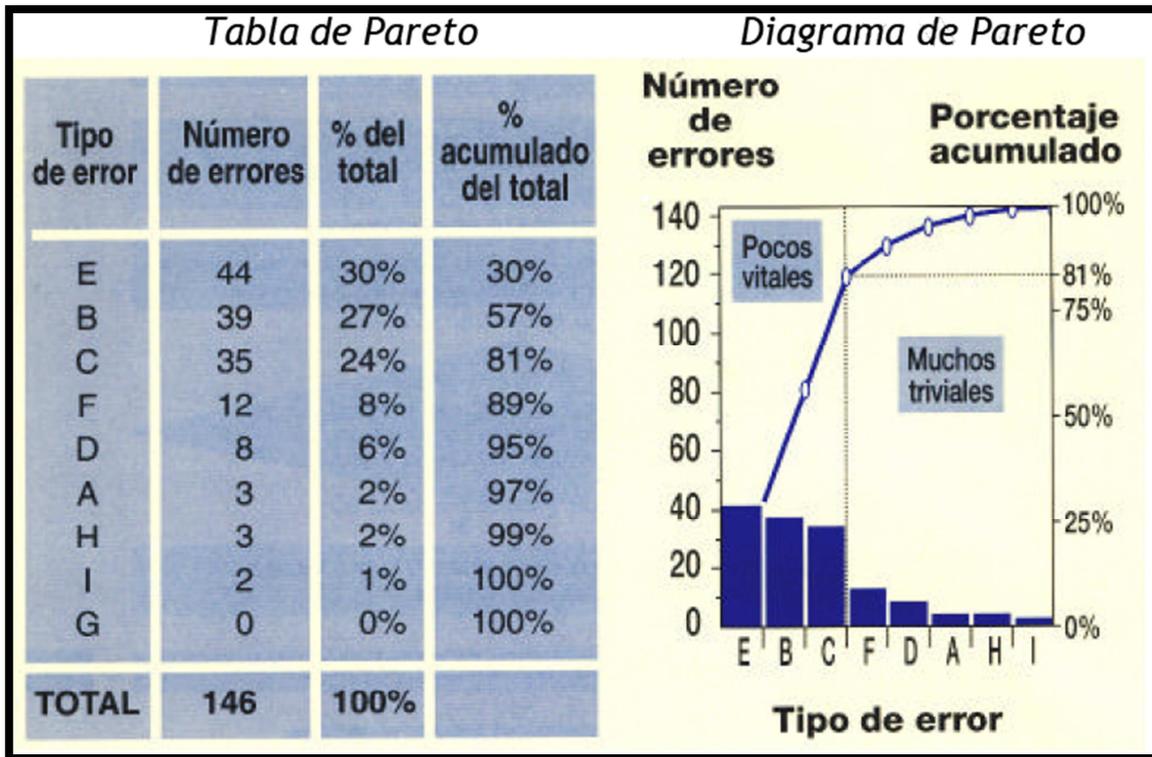
Fuente: [www.pdca.es/documentos/metodologiaidef.ppt](http://www.pdca.es/documentos/metodologiaidef.ppt)

Ilustración 2-5, Ejemplo de la estructura de un diagrama IDEFO



Fuente: [www.pdca.es/documentos/metodologiaidef.ppt](http://www.pdca.es/documentos/metodologiaidef.ppt)

Ilustración 2-6, Analisis de Pareto



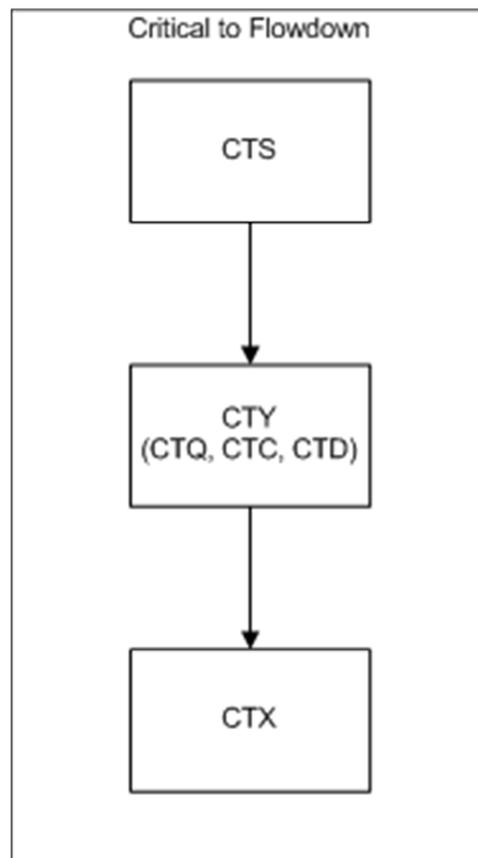
Fuente: [http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/diagrama\\_de\\_pareto.pdf](http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/diagrama_de_pareto.pdf)

### CT Flowdown (“Critical to Flowdown”)

Las características críticas al flujo del proceso (CT flowdown), son un despliegue simplificado de las características críticas para la satisfacción del cliente, asociándolas a parámetros clave de un determinado producto y sus respectivos procesos. El esquema de las características críticas se detalla en la ilustración 2-7.

Es utilizado en la fase “define” para identificar proyectos de mejoramiento seis sigma, comenzando con la definición de un determinado producto o servicio como tema de mejoramiento.

Ilustración 2-7, Esquema de las Características Críticas del Flujo del Proceso.



Elaborado por Christian Amador; Fuente<sup>6</sup>

#### – Características CTS (“Critical to Satisfaction”)

Las características críticas para la satisfacción (CTS), son el conjunto de requisitos o atributos vitales que al cumplirlas el cliente queda completamente satisfecho, con un determinado producto o servicio. Es importante que las características CTS sean identificadas desde la óptica de los clientes (no desde una visión interna de la empresa).

Es conveniente expresarlas en el lenguaje del cliente, de modo que exprese una necesidad (el “qué” requerido por el cliente).

El conjunto de tales requisitos puede ser presentado de forma estructurada a través de un diagrama de árbol.

<sup>6</sup> Qualiplus, Formación de Especialistas Six Sigma, Green Belt, Eduardo C. de Moura

– **Características CTY (“Critical to Product”)**

Las características críticas para el producto (CTY), son el subconjunto de elementos y parámetros del producto que afectan de manera significativa las CTS aplicables al mismo. Así como las CTS, las CTY pueden ser representadas de manera jerárquica por medio de un diagrama de árbol.

A su vez estas características críticas para el producto pueden ser clasificadas en:

- CTQ (Critical to Quality / Críticas para la calidad), CTY que afecta significativamente a una o más CTS relativas a la calidad.
- CTC (Critical to Cost / Críticas para el costo), CTY que afecta significativamente a una o más CTS en términos de costo.
- CTD (Critical to Delivery / Críticas para la entrega), CTY que afecta significativamente a una o más CTS en términos de entrega.

– **Características CTX (“Critical to Process”)**

Las características críticas para el proceso (CTX), son el subconjunto de elementos y parámetros del proceso que afectan de manera significativa las CTY aplicables al mismo.

**Diagrama SIPOC (macro)**

- Supplier (Proveedor), provee entradas al proceso.
- Input (Entrada), son los materiales, servicios o información, que son usados en el proceso para producir salidas.
- Process (Proceso), es la secuencia de actividades que añade valor a las entradas produciendo salidas para el cliente.

- Output (Salida), son los productos, servicios o información que tiene valor para los clientes.
- Customer (Cliente), usuario o usuarios de las salidas producidas en el proceso.

Esta herramienta muestra un proceso en forma sintética: fronteras del proceso en estudio, etapas básicas del proceso, proveedores y sus respectivas entradas, resultados (salidas) y clientes.

En la ilustración 2-8 se observa un ejemplo de un diagrama SIPOC.

**Ilustración 2-8, Diagrama SIPOC**

Supplier(s)	Inputs	Process	Outputs	Customer
Husband	Teabag	Add water to Kettle	Cup of Tea	Wife
Supermarket	Kettle	Put kettle onto boil	Used teabag	
	Electricity	Add tea bag to Cup		
	Water	Add milk to cup		
	Milk	Pour boiling water into cup		
	Cup	Remove teabag from cup & serve		

Fuente: <http://www.leanyourcompany.com/methods/sipoc.jpg>

## El Project Charter

Es una especie de contrato entre la dirección y el equipo, emitido por la dirección al principio del proyecto.

Su finalidad es formalizar el lanzamiento del proyecto transfiriéndolo desde la dirección al equipo, aclarar lo que se espera del equipo y mantener el equipo enfocado y alineado con los objetivos primarios de la empresa.

La sección Project Charter del informe, emitida por la dirección en la fase define, debe:

- Describir el tema y alcance del proyecto de mejoramiento.
- Definir los objetivos del proyecto.
- Estimar el impacto financiero del proyecto.
- Identificar el equipo del proyecto y sus responsabilidades.
- Establecer un cronograma del proyecto.
- Definir los recursos necesarios y sus respectivos responsables por apoyar al equipo.

### **2.1.1.3 FASE MEASURE**

Al aplicar la fase measure se tendrá:

- Una visión clara del proceso.
- Selección de las variables de respuesta del proceso, directamente relacionadas con el objetivo del proyecto de mejoramiento.
- Sistema de medición validado.
- Caracterización estadística del comportamiento de la variable respuesta.
- Definición de la capacidad del proceso.
- Objetivo de mejora confirmado o detallado, revisado.
- Actualización del plan o informe del proyecto de mejoramiento.

## **Mapear el proceso**

Asegurar el entendimiento del proceso, visualizando en detalle:

- Suministradores.
- Entradas.
- Actividades.
- Salidas.
- Clientes.

## **Definir y validar la medición**

- Definir cuales variables serán medidas.
- Definir como serán recolectados los datos.
- Definir el método de medición.
- Recolectar datos preliminares para asegurar que las mediciones tengan exactitud y precisión suficientes.

## **Determinar la estabilidad o capacidad del proceso**

- Recolectar datos suficientes para evaluar si el proceso tiene desempeño estable.
- En caso afirmativo, estimar la variabilidad del proceso.
- Comparar la variabilidad con la tolerancia, si se aplica.
- Verificar si el proceso es suficientemente capaz.

## **Confirmar el objetivo del proyecto de mejoría**

De acuerdo a la información obtenida, confirmar o revisar el objetivo del proyecto de mejora y/o la elección de los parámetros medidos, si es necesario.

#### 2.1.1.4 HERRAMIENTAS DE LA FASE MEASURE

##### Diagrama SIPOC detallado

Supplier (Proveedor), Input (Entrada), Process (Proceso), Output (Salida), Customer (Cliente).

La finalidad del SIPOC detallado en la fase measure es:

- Documentar visualmente el flujo del proceso bajo análisis.
- Asegurar el entendimiento completo y homogéneo del equipo sobre el proceso.
- Identificar con mayor precisión las salidas críticas (CTX) que serán medidas.

##### Histograma

Esta herramienta permita visualizar tres informaciones importantes sobre los datos:

- **Concentración** de los valores en determinadas regiones.
- **Rango** de los valores (dispersión o variabilidad).
- **Forma** por la cual las frecuencias se distribuyen, es decir, el comportamiento del fenómeno de estudio.

En la ilustración 2-9 se observa un ejemplo de un histograma.

##### Diagrama de puntos

Esta herramienta muestra en una escala continua, un punto para cada dato de la muestra. Este diagrama permite visualizar:

- La dispersión de los datos.

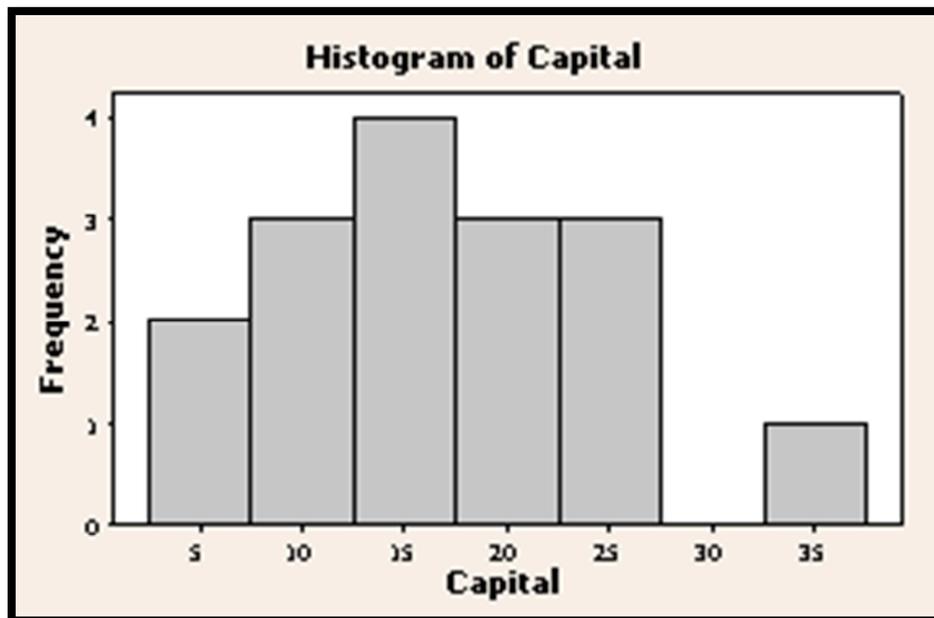
- Dónde los datos se concentran.
- Si existen vacíos o diferentes agrupamientos.
- Si existen puntos discrepantes (fuera de los límites).
- Si los datos son simétricos o asimétricos.

Es particularmente útil cuando:

- No existe una cantidad suficiente de datos para construir un histograma.
- Se desea obtener una visión rápida de cómo los datos se distribuyen.
- Se quiere verificar si hay alguna anomalía en los datos.

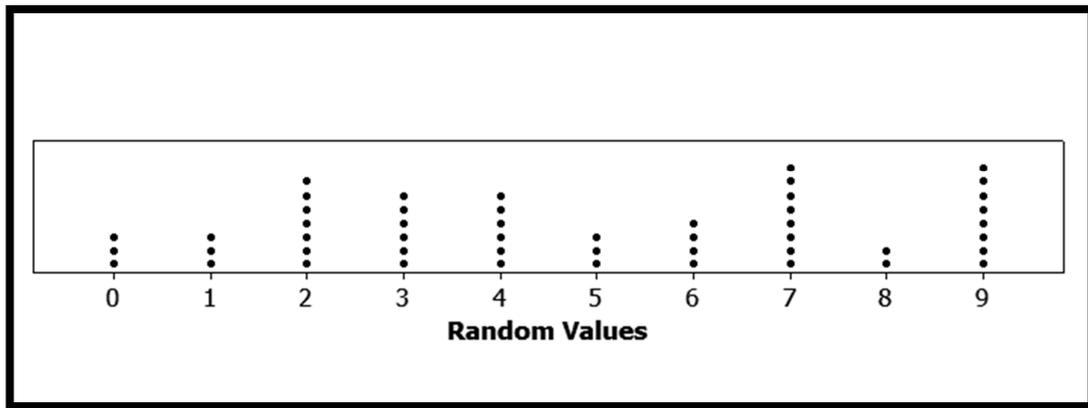
En la ilustración 2-10 se observa un ejemplo de un diagrama de puntos.

Ilustración 2-9, Ejemplo de un Histograma



Fuente: Minitab Help

Ilustración 2-10, Ejemplo de un diagrama de puntos



Fuente: Minitab Help

### Diagrama de caja

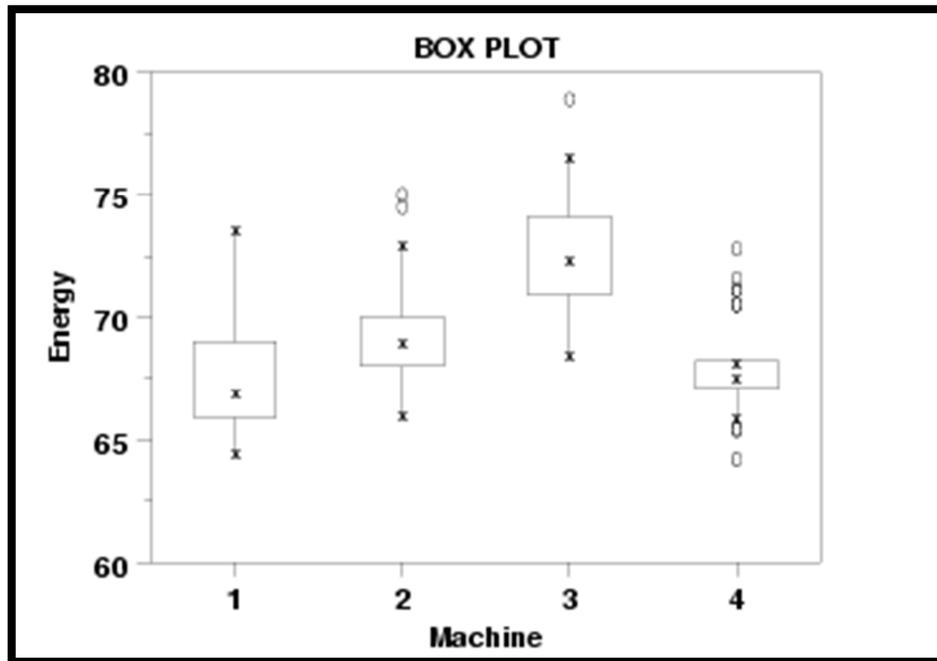
Esta herramienta permite evaluar la distribución de forma bastante sintética, es muy útil cuando hay pocos datos y tiene mucha utilidad para comparar simultáneamente la posición y la variabilidad de varias muestras. En la ilustración 2-11 se observa un ejemplo de un diagrama de caja.

### Matriz de causa y efecto

Esta herramienta es utilizada una vez seleccionado un proceso crítico y las CTY asociadas al mismo. Tiene las siguientes finalidades:

- Identificar con mayor grado de detalle cuales son las operaciones críticas del proceso, que tienen mayor potencial de mejoramiento.
- Identificar y priorizar características críticas para el producto específicas que deben ser medidas.

Ilustración 2-11, Ejemplo de un diagrama de caja



Fuente: Minitab Help

### Gráficos de control <sup>7</sup>

Estos gráficos son muy útiles ya que permiten monitorear un proceso continuamente, para así determinar el momento exacto de una variación en el proceso, evaluando la estabilidad de un proceso.

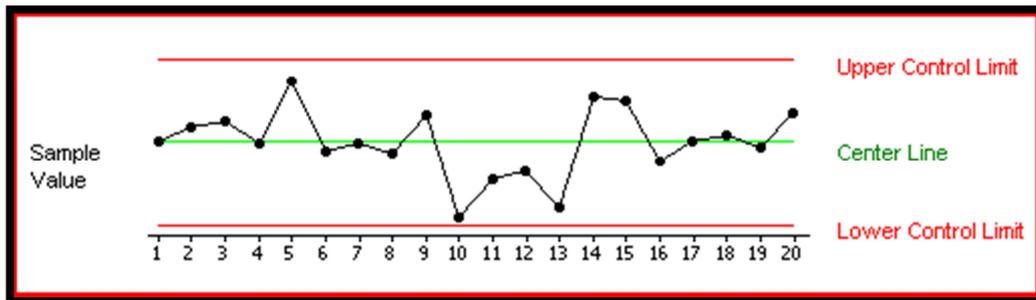
Son más potentes que los gráficos de tendencia a la hora de detectar la variación provocada por causas especiales.

- Los puntos de datos representan una medida individual a algún cálculo basado en varios datos.
- La línea central, es la media de los datos.
- Los límites de control, superior e inferior, se los calcula a tres desviaciones estándar a cada lado de la media y reflejan la capacidad del proceso.

<sup>7</sup> Las Claves Prácticas de Seis Sigma, Peter S. Pande, Robert P. Neuman, Rolan R. Cavanagh. Páginas 336 – 342.

En la ilustración 2-12 se observa un ejemplo de un gráfico de control.

Ilustración 2-12, Ejemplo de un gráfico de control



Fuente: Minitab Help

### Estudio de capacidad del proceso

Una vez que se ha identificado un proceso crítico y luego definido y validado lo que va a ser medido, un estudio de capacidad puede ser realizado para responder a las siguientes preguntas relevantes:

- ¿Existen causas especiales de variación actuando sobre el proceso, o está bajo el efecto apenas de sus causas naturales?
- ¿El proceso, una vez que esté libre de las causas especiales, es capaz de cumplir a la tolerancia especificada?

En esta fase measure, la respuesta a estas preguntas puede ayudar a:

- Confirmar o revisar el objetivo de mejoramiento.
- Señalar las posibles causas del problema (entrando en la fase analyze).

La capacidad de un proceso es el comportamiento natural presentado por él cuando todas las causas especiales de variación hayan sido eliminadas.

La capacidad del proceso se expresa numéricamente de dos maneras:

- En el caso de variables, como índices calculados, comparándose la distribución de valores con los límites especificados.
- En el caso de atributos, como un porcentaje o proporción fuera de los límites especificados.

La capacidad del proceso o  $C_p$ , se lo determina con la siguiente fórmula:

$$C_p = \frac{\textit{Tolerancia específica}}{\textit{Tolerancia natural}} = \frac{\textit{Limite Superior} - \textit{Límite Inferior}}{6 \textit{Sigma}}$$

### 2.1.1.5 FASE ANALYZE

Al aplicar la fase analyze se tendrá:

- Entendimiento profundizado sobre el comportamiento del proceso.
- Fuentes de variación identificadas y priorizadas.
- Oportunidades de mejoramiento identificadas.

#### **Identificar causas potenciales**

Movilizar el know-how del equipo para explorar o investigar relaciones de causa y efecto.

Realizar experimentos y mediciones que permitan refutar o confirmar las hipótesis planteadas.

#### **Seleccionar las causas primarias**

Priorizar y/o cuantificar el efecto de las causas sobre la variable respuesta, seleccionando en la reducción de la variabilidad.

### **2.1.1.6 HERRAMIENTAS DE LA FASE ANALYZE**

#### **Análisis de causa y efecto (Diagrama de Ishikawa)**

Esta herramienta tiene como objetivo, identificar la causa de un problema aplicando la experiencia y el conocimiento de un grupo de personas a través de una tormenta de ideas estructurada. También puede utilizarse para identificar posibles formas de conseguir un efecto deseado.

Las aplicaciones de esta herramienta son:

- Determinar las causas principales.
- Determinar las potenciales causas raíz.
- Determinar las posibles soluciones.
- Planificar e implementar un cambio en el proceso o una solución.

En la ilustración 2-13 se observa un ejemplo de un diagrama de causa y efecto.

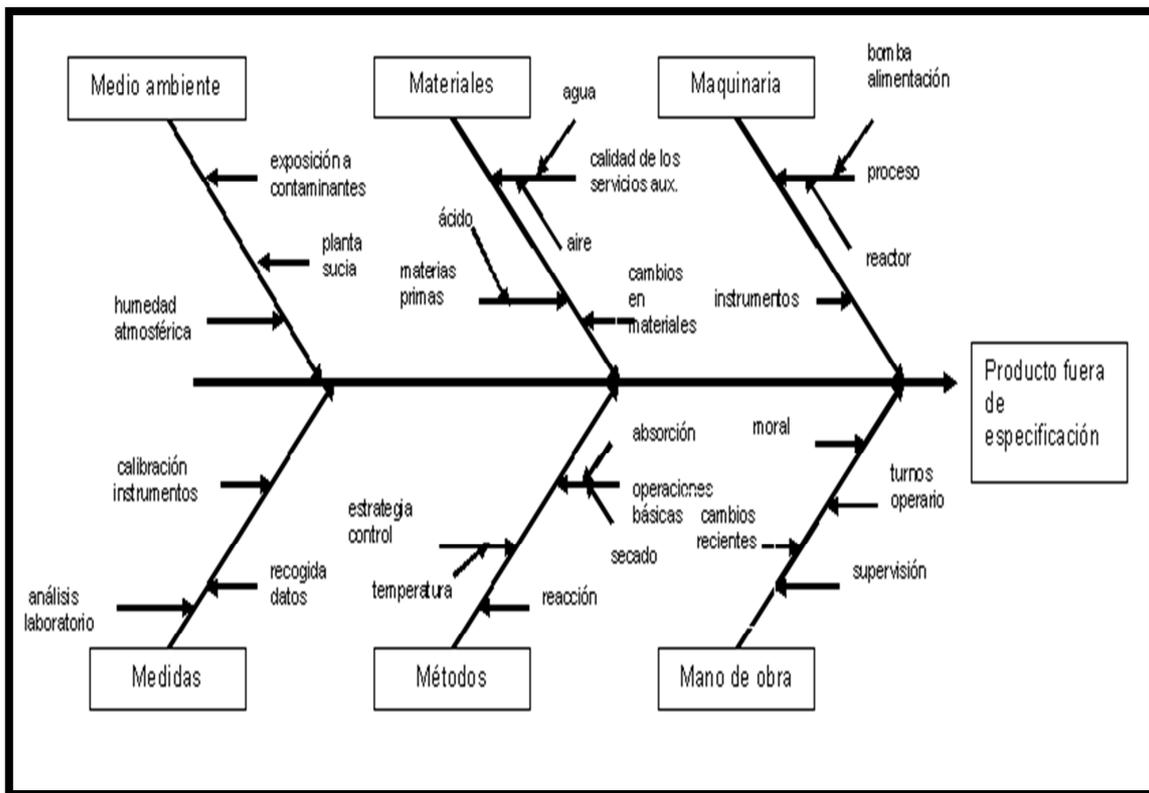
#### **Diagrama de dispersión o diagrama de correlación**

Esta herramienta sirve para investigar la posible relación entre dos variables. De esta manera permite confirmar o descartar la hipótesis de que existe relación entre dos variables y también hace posible la evaluación visual y numérica del grado o fuerza de la correlación. En la ilustración 2-14 se observa un ejemplo de un diagrama de dispersión.

#### **Análisis Multivariante**

Esta herramienta permite visualizar cómo algunos factores pueden afectar a la variable que se está midiendo, por la simple comparación de medias. Así permite comprobar hipótesis de las causas de un problema y seleccionar las más probables. En la ilustración 2-15 se observa un ejemplo de un gráfico de análisis multivalente.

Ilustración 2-13, Ejemplo de un diagrama de causa y efecto.



Fuente: [http://www.cprac.org/rigola\\_pml/imagenes/image050es.gif](http://www.cprac.org/rigola_pml/imagenes/image050es.gif)

## Análisis de fallas potenciales

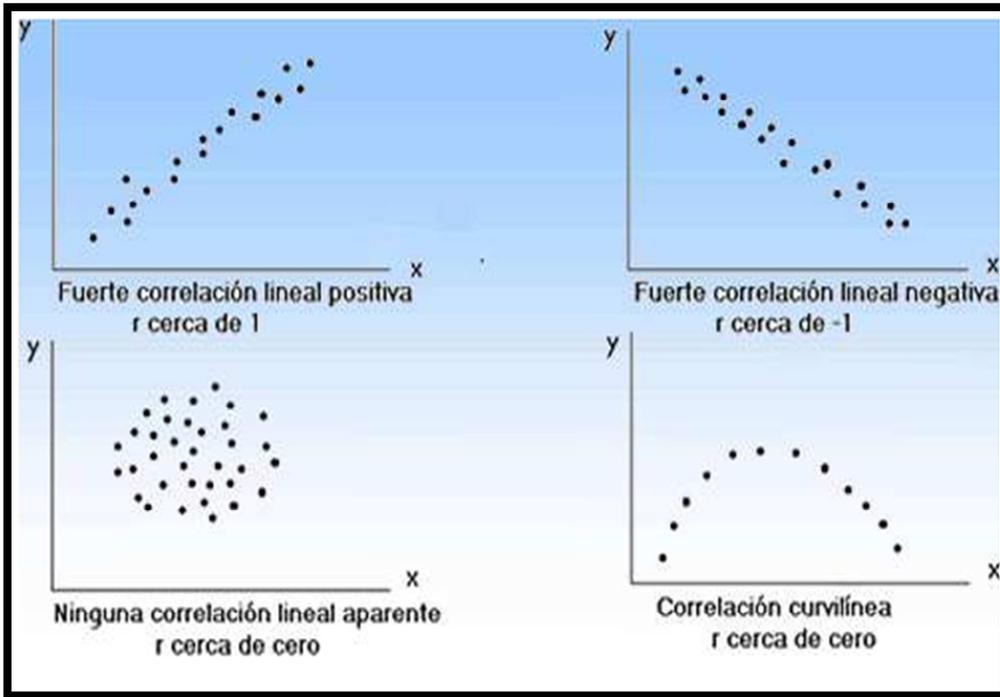
El objetivo de éste análisis es identificar, de manera sistemática, errores o fallas en un proceso. Se aplica en la fase analyze o improve, para evaluar riesgos potenciales en la solución propuesta, antes de su implementación definitiva.

### 2.1.1.7 FASE IMPROVE

Al aplicar la fase improve se tendrá:

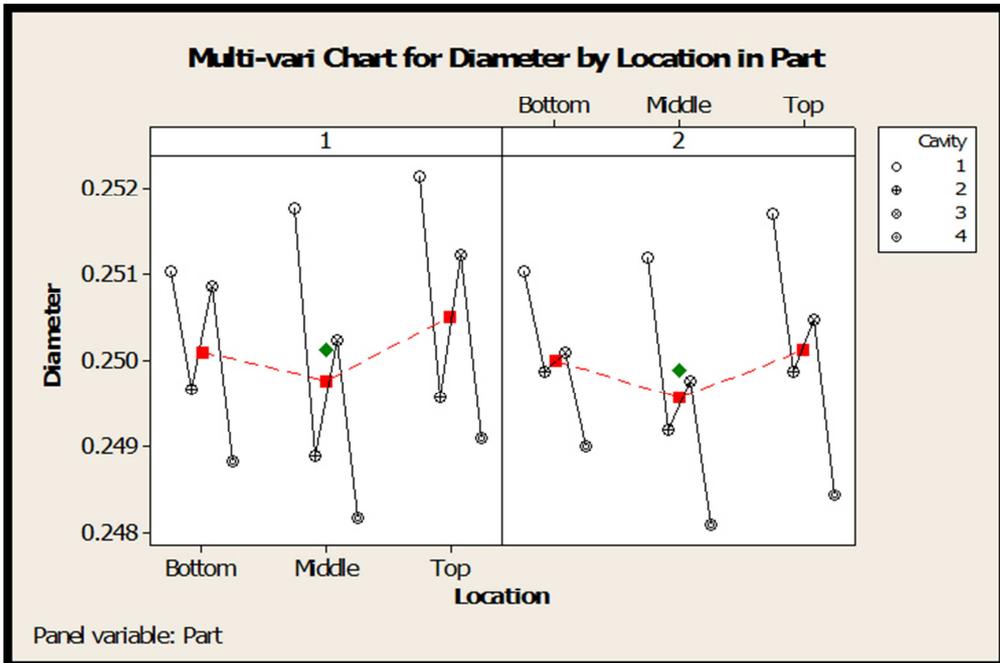
- Una solución eficaz confirmada para alcanzar el objetivo de mejora.
- Plan detallado para la implementación de la solución.
- Actualización del informe del proyecto de mejora.

Ilustración 2-14, Ejemplos de tipos de dispersión o correlación



Fuente: <sup>8</sup>

Ilustración 2-15, Ejemplo de un gráfico multivariante



Fuente: Minitab Help

<sup>8</sup>[http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2007315/lecciones\\_html/capitulo\\_1/leccion5/correlacion.jpg](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2007315/lecciones_html/capitulo_1/leccion5/correlacion.jpg)

### **Generar o seleccionar soluciones**

- Generar soluciones conceptuales para el tratamiento de las causas seleccionadas.
- Identificar las variables de mayor impacto sobre la variabilidad y ajustarlas en su punto óptimo.
- Explorar oportunidades de simplificación, agilización y reducción de costos en el proceso.
- Evaluar las soluciones de mayor potencial, buscando combinar los mejores aspectos en un concepto vencedor.

### **Validar la solución**

- Revisar críticamente la solución seleccionada:
  - Identificar riesgos potenciales.
  - Definir contramedidas y agregarlas a la solución.
- Realizar pruebas piloto y evaluar la nueva capacidad del proceso.
- Si el proceso demuestra ser capaz: establecer el plan de implementación de la solución.
- Si el proceso es inestable o incapaz: considerar nuevas soluciones (o decidir por un cambio radical o re proyecto del proceso: metodología DICOV, Define, Innovate, Configure, Optimize, Validate).

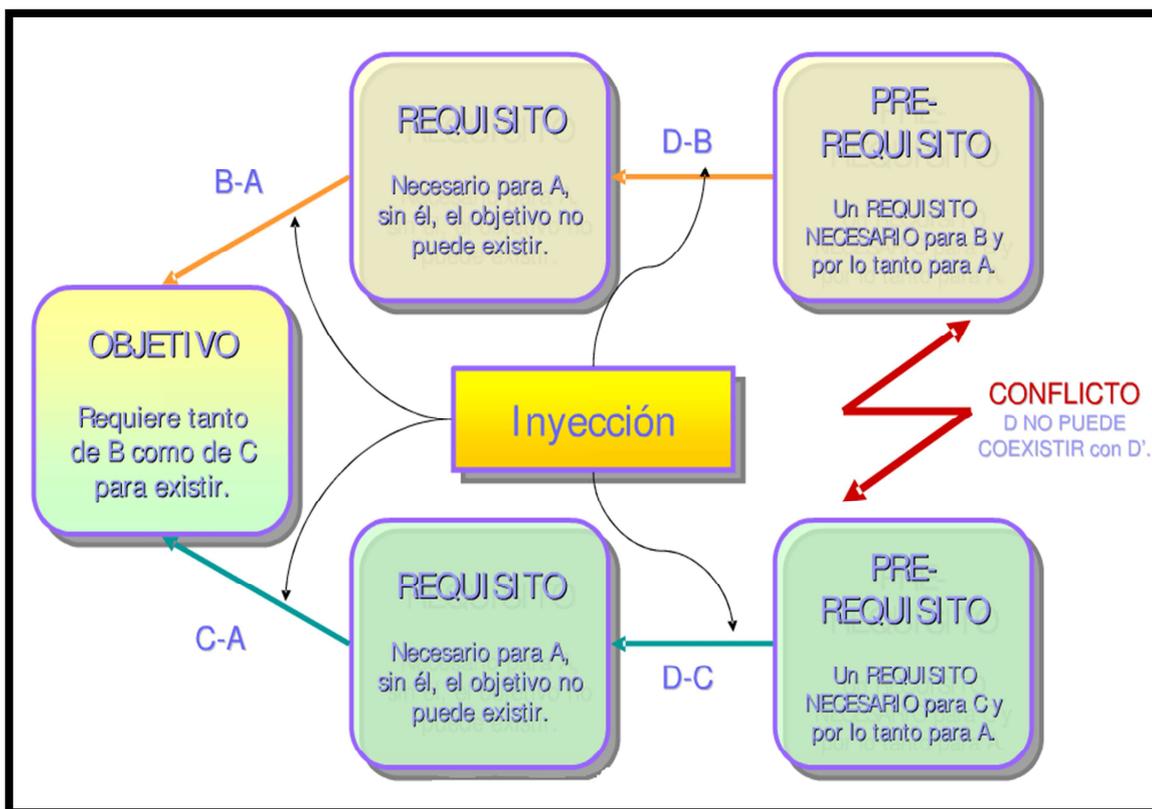
### 2.1.1.8 HERRAMIENTAS DE LA FASE IMPROVE

#### Diagrama de Resolución de conflictos (DRC)

Esta herramienta puede ser usada como un generador de ideas, a partir de la identificación de un conflicto o contradicción aparente. En la ilustración 2-16 se observa la estructura de un diagrama DRC. La finalidad del DRC es:

- Estructurar el conflicto para facilitar el análisis.
- Exponer premisas inválidas que perpetúan el conflicto.
- Abrir la puerta para ideas revolucionarias para resolver el conflicto.

Ilustración 2-16, Estructura de un Diagrama de Resolución de Conflictos



Fuente:<sup>9</sup>

<sup>9</sup> <http://www.slideshare.net/lopezdeavila/toc-procesos-de-razonamiento-nde-presentation>

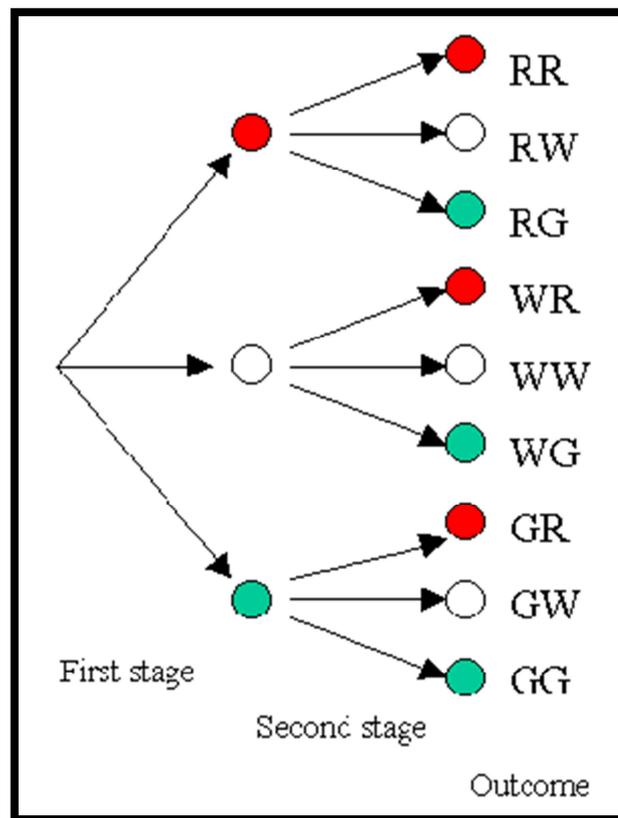
## Diagrama de árbol

Esta herramienta sirve para organizar los diferentes componentes de un objetivo en varios grupos relacionados de tareas. En la ilustración 2-17 se observa un ejemplo de un diagrama de árbol.

Las aplicaciones de esta herramienta son:

- Identificar las estrategias y tácticas necesarias para conseguir un objetivo específico.
- Identificar los indicadores y medidas relacionados con un objetivo determinado.

Ilustración 2-17, Ejemplo de un diagrama de árbol



Fuente: [http://math.youngzones.org/tree\\_diagram1.gif](http://math.youngzones.org/tree_diagram1.gif)

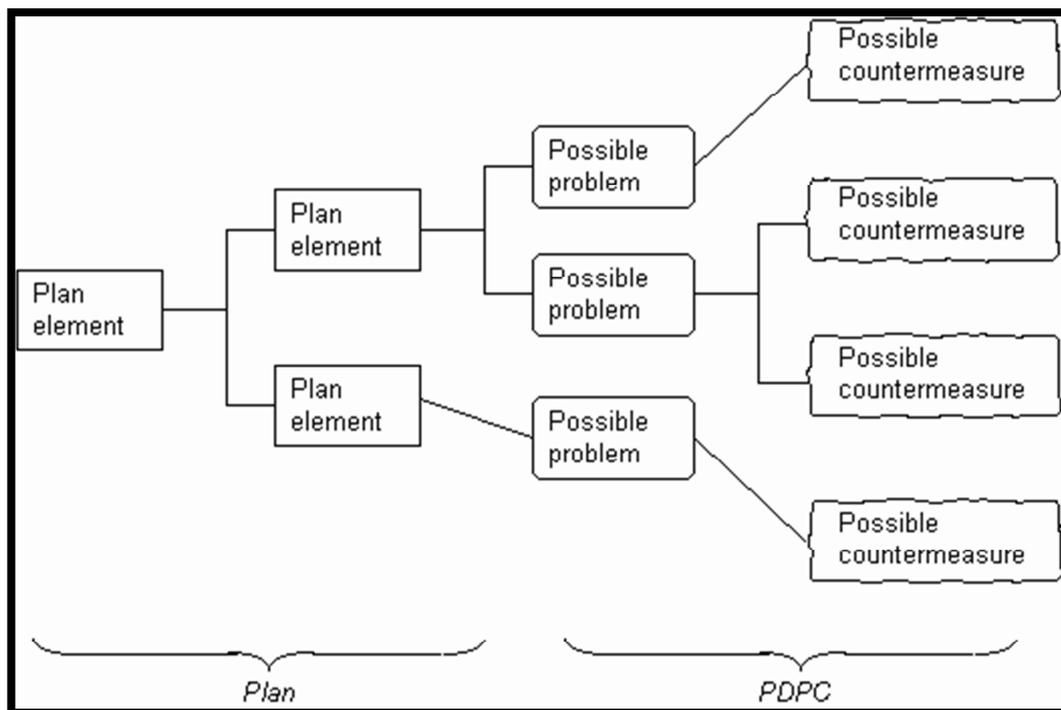
## Árbol de Contingencias

También se lo llama diagrama PDPC (Process Decision Program Chart). Esta herramienta sirve para anticipar problemas potenciales antes de implementar un plan de acción. En la ilustración 2-18 se observa la estructura del PDPC.

Sirve también para identificar y seleccionar acciones preventivas y acciones alternativas.

De esta manera se adquiere una mejor visibilidad con relación a las incertidumbres de un plan y aumenta las oportunidades de alcanzar los objetivos sin atraso o costo adicional.

Ilustración 2-18, Estructura del Process Decision Program Chart



Fuente: [http://syque.com/quality\\_tools/toolbook/PDPC/Image270.gif](http://syque.com/quality_tools/toolbook/PDPC/Image270.gif)

### **2.1.1.9 FASE CONTROL**

Al aplicar la fase control se tendrá:

- Solución eficaz demostrada por medio de resultados expresivos.
- Objetivo de mejoría alcanzado o superado.
- Proceso colocado en nivel superior de desempeño.
- Know-How acumulado.
- Clientes satisfechos.

#### **Estandarizar las mejoras**

- Realizar el plan de implementación de la solución, incorporando las mejoras obtenidas al proceso.
- Revisar y actualizar la estandarización o documentación del proceso.
- Dar entrenamiento al personal involucrado.
- Evaluar el desempeño final del proceso en alta escala.

#### **Finalizar el proyecto de mejora**

- Resumir los resultados finales obtenidos, inclusive resultados financieros y feedback de los clientes.
- Resumir las lecciones aprendidas.
- Finalizar el informe del proyecto de mejora, documentando todo el análisis y know-how generado por el equipo.
- Presentar y divulgar los resultados.
- Averiguar la posibilidad de replicar las mejoras en procesos similares de la empresa.

### **2.1.1.10 HERRAMIENTAS DE LA FASE CONTROL**

Estas herramientas tienen como objetivo garantizar la repetitividad de los resultados del proceso en cuanto a calidad, costo y plazo. Se deben buscar formas inteligentes de estandarización, que sean las más sencillas posibles y que al mismo tiempo proporcionen las informaciones necesarias para realizar el trabajo.

#### **Capacitación**

Es importante mantener al personal capacitado, de manera que se incremente la calificación profesional de manera integral abarcando temas claves para el desempeño laboral. Con esto se logra promover el cambio y la innovación, el personal estará preparado para resolver y controlar los problemas cotidianos en una organización.

#### **Cinco S**

Las cinco S, son cinco palabras japonesas que corresponden a cinco fases de un método para lograr calidad en un lugar de trabajo.

- Seiri = Organización
- Seiton = Orden
- Seiso = Limpieza
- Seiketsu = Control Visual
- Shitsuke = Disciplina y Habito

Al aplicar esta metodología se logra:

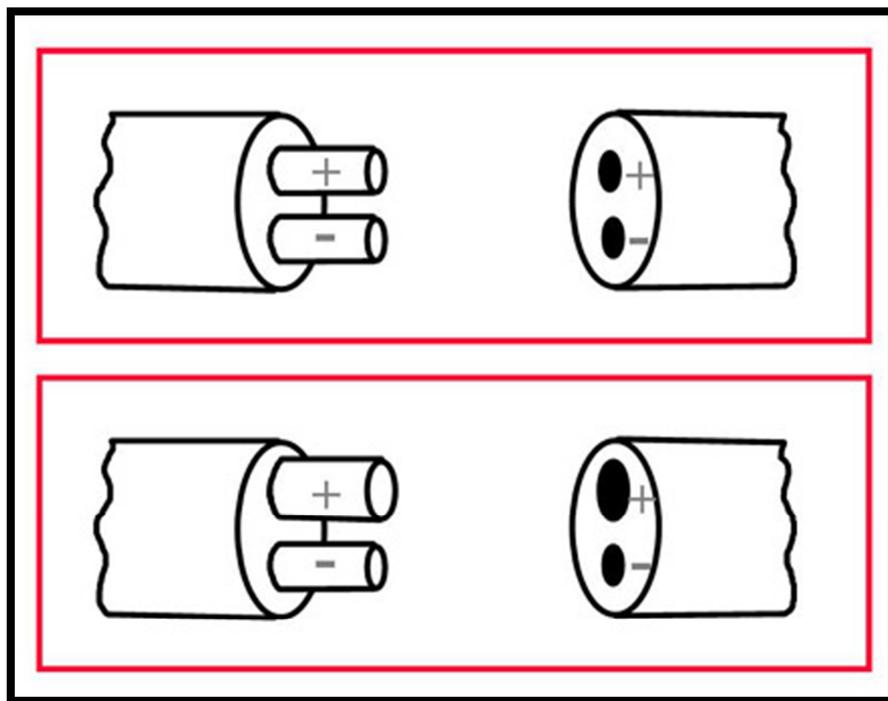
- Calidad en el espacio de trabajo
- Ayuda a deshacerse de materiales innecesarios
- Que todo esté ordenado e identificado

- Eliminar las fuentes de suciedad
- Mantener y mejorar el lugar de trabajo

### Poka Yoke

La finalidad del poka yoke es eliminar los defectos en un producto previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible, llevando a cabo el cien por ciento de inspección, así como, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren. En la ilustración 2-19 se observa un ejemplo de un poka yoke.

Ilustración 2-19, Ejemplo de un poka yoke



Fuente: <http://www.qsconsult.be/Website%20Nederlands/images/lean-2.jpg>

### Documentación

El objetivo de la documentación es incrementar las posibilidades de que la documentación del proceso sea útil para las personas que la necesitan y de

que la utilicen realmente. Se la aplica para asegurarse de que las mejoras realizadas se mantienen.

## **2.2 CONCEPTOS Y MÉTODOS PARA DETERMINAR INDICADORES DE CONTROL DE CALIDAD Y DESEMPEÑO.**

### **2.2.1 Azúcares Reductores**

También conocidos como reductores o azúcares invertidos, son todos aquellos monosacáridos que se encuentran disueltos en el jugo de caña. Para determinarlos se utilizan métodos como el de Tollens, Benedict o Fehling.

Los monosacáridos son azúcares simples que no se hidrolizan, es decir que no se descomponen en otros compuestos, además son azúcares con poder reductor.

Los disacáridos son azúcares dobles, formados por la unión de dos monosacáridos iguales o distintos mediante un enlace O-glucosídico (con pérdida de una molécula de agua), mono o dicarbonílico.

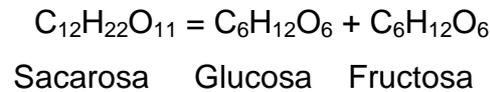
Tanto los monosacáridos como los disacáridos son un tipo de hidratos de carbono o carbohidratos, llamados así porque contienen carbono, hidrogeno y oxigeno.

### **2.2.2 Sacarosa**

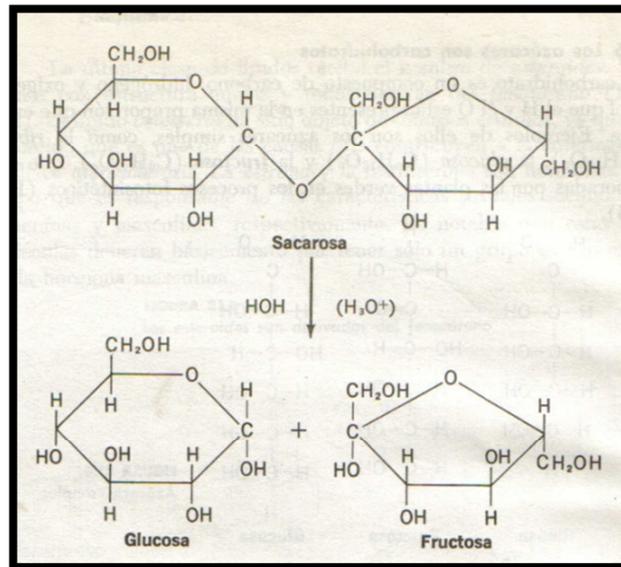
La sacarosa o azúcar, es un disacárido soluble en agua, formada por dos monosacáridos, glucosa y fructosa, ilustración 2-20. Este disacárido no tiene poder reductor sobre el reactivo de Fehling y el reactivo de Tollens.

“Cuando se hidroliza la sacarosa con ácidos o con enzimas, se obtiene una mezcla de glucosa y fructosa que se llama azúcar invertido, nombre que indica

el cambio de sentido de la rotación de la luz polarizada como resultado de la hidrólisis.”<sup>10</sup>



**Ilustración 2-20, Síntesis de sacarosa**



Fuente<sup>11</sup>

### 2.2.3 Fructosa

Es una cetona también conocida como levulosa o azúcar de frutas, “es un monosacárido con la misma fórmula empírica que la glucosa pero con diferente estructura.”<sup>12</sup> En la ilustración 2-21 se puede observar la estructura lineal de una molécula de fructosa

### 2.2.4 Glucosa

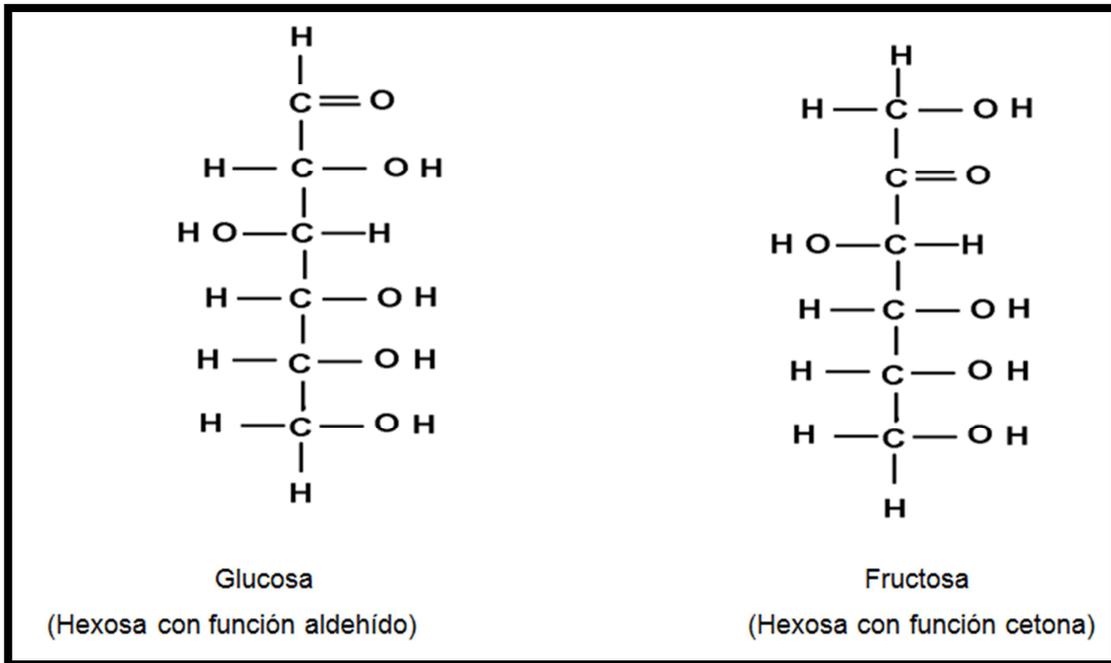
También conocida como dextrosa, es un azúcar al igual que la fructosa y pertenece al grupo de los monosacáridos. En la ilustración 2-21 se puede observar la estructura lineal de una molécula de glucosa.

<sup>10</sup> Fisiología Vegetal, Erston V. Miller, Ph.D. pág. 94

<sup>11</sup> <http://diabetespolarizada.files.wordpress.com/2007/10/hidrolisis-de-la-sacarosa.jpg>

<sup>12</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Fructosa>

Ilustración 2-21, Molécula de fructosa.

Fuente<sup>13</sup>

### 2.2.5 Invertasa

También conocida como sacarasa, es una enzima que convierte la sacarosa en glucosa y fructosa.

Una enzima es una sustancia proteínica que actúa como catalizador de los procesos metabólicos.

### 2.2.6 Bacterias y Microorganismos

En el jugo de caña existen diversos tipos de bacterias, hongos y levaduras, pero entre los microorganismos de mayor importancia esta la bacteria

<sup>13</sup>[http://www.unsl.edu.ar/~fqbf/archivos/Guia\\_Enfermeria/Unidad\\_II\\_2.doc](http://www.unsl.edu.ar/~fqbf/archivos/Guia_Enfermeria/Unidad_II_2.doc)

leuconostoc mesenteroides, la cual utiliza la sacarosa produciendo glucosa, fructosa y dextranas.

### **2.2.7 Leuconostoc mesenteroides**

Esta bacteria se desarrolla en medios específicos formando colonias redondas de 1 a 3 milímetros de diámetro, son mucoides, blancas y su metabolismo es fermentativo, produciendo ácido láctico así como etanol, dióxido de carbono y dextranas.

Son microorganismos facultativos, es decir se desarrollan en condiciones aeróbicas y anaeróbicas, su temperatura óptima de crecimiento es entre 20 y 33°C, el pH óptimo es entre 5.4 y 6.0.

### **2.2.8 Dextranas**

Son polisacáridos de elevado peso molecular formados por glucosas. Su formación ocurre por la acción de la enzima dextranasacarasa que hidroliza la sacarosa y forma dextranas.

Una vez que las dextranas están en el proceso de producción de azúcar, la viscosidad de la solución se incrementa en dependencia de la concentración y del peso molecular de los polímeros formados. Las dextranas de peso molecular muy elevado son insolubles. Las de menor peso y solubles aportan mayor dificultad al proceso de producción de azúcar

Las dextranas ocasionan pérdidas económicas no solo por reducción de los niveles de sacarosa, sino también porque incrementan la viscosidad del jugo, ocasionando taponamientos de los filtros provocando pérdidas adicionales al proceso y afectan la cristalización del azúcar, aumentando el tiempo de cristalización.

### 2.2.9 Análisis de jugos

Son controles de calidad realizados al jugo de caña, los cuales determinan la calidad del jugo en cada etapa del proceso de elaboración y utilización de los resultados obtenidos para cálculos, balances de materiales, etc.

Las muestras a analizar, en lo posible, deben obtenerse en forma continua y deben recolectarse en recipientes adecuados que no afecten las características químicas y biológicas del jugo.

Cuando las muestras se analizan de inmediato no necesitan preservarse. Si la recolección se realiza en un período de tiempo mayor a una hora, se hace necesario utilizar una solución de bicloruro de mercurio (0,2 cm<sup>3</sup> por litro de muestra), para preservarla a fin de evitar que ésta se deteriore.<sup>14</sup>

### 2.2.10 Eficiencia de la molienda

“La eficiencia de la molienda se expresa por lo general como Pol en el jugo en función del porcentaje de Pol en la caña.”<sup>15</sup>

“Pol es el la abreviatura de la palabra polarización. Es la lectura en la escala del polarímetro. Si la muestra es una solución normal de azúcar la Pol es igual al porcentaje de sacarosa.”<sup>16</sup>

El indicador de pol es utilizado en lugar del indicador de sacarosa, debido a la facilidad y rapidez de los métodos para conocer la extracción comparados con los métodos de extracción de sacarosa que requieren todavía mucho tiempo.

La extracción de pol es afectada por el contenido de fibra de caña.

---

<sup>14</sup> Manual de Laboratorio para la Industria Azucarera, Editor: Carlos E. Buenaventura Osorio, pág. 59

<sup>15</sup> Manual del Azúcar de Caña, James C.P. Chen, págs. 111.

<sup>16</sup> Manual de Laboratorio para la Industria Azucarera, Editor: Carlos E. Buenaventura Osorio, pág. 6.

### **2.2.11 Curva de Brix**

La curva de Brix es utilizada para medir la eficiencia de los molinos al tomar una muestra del jugo extraído en cada molino y realizar el análisis respectivo de porcentaje de Brix de cada una de las muestras.

El porcentaje en peso de sólidos disueltos en cada muestra varía desde el primero hasta el último molino en forma descendente, el primer molino extrae una mayor cantidad de jugo que el último molino; además hay que tomar en cuenta que en el segundo, tercero y cuarto molino, se realiza la maceración con agua. Por lo tanto mientras más alto sea el Brix en el jugo del primer molino y mientras más bajo sea el Brix en el jugo del cuarto molino, existirá una mayor eficiencia en la extracción de jugo de los molinos.

Por definición el Brix es el parámetro más utilizado en la industria de azúcar y de alcohol. Estrictamente, expresado en porcentaje peso/peso de sólidos solubles contenidos en una solución de sacarosa pura, es decir, mide el contenido de sacarosa en la solución.

### **2.2.12 Brix aerométrico**

Brix obtenido por aerómetros, que son densímetros calibrados utilizando solución acuosa de sacarosa pura a 20°C.

### **2.2.13 Brix refractométrico**

Brix obtenido usando refractómetros, que son aparatos electrónicos que miden el índice de refracción de soluciones de azúcar, proporcionando su propio índice o su porcentaje de sólidos solubles en solución.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> Antonio Carlos Fernandes, Cálculos na Agroindustria da Cana-de-Açúcar, Segunda Edição 2003, págs., 20-21.

#### **2.2.14 Fibra en la caña**

Determina la cantidad de fibra existente en la caña que ingresa a la molienda. Fibra, es la materia seca insoluble en agua que contiene la caña y el bagazo.

#### **2.2.15 Humedad en el bagazo**

Determina las características del bagazo que sale del último molino en cuanto a su contenido porcentual de humedad.

#### **2.2.16 Bagazo**

Es el residuo que se obtiene al moler la caña en uno o más molinos. En general el término bagazo, se refiere al que sale del último molino a menos que se especifique otra cosa.

#### **2.2.17 Pol en el Bagazo**

Determinar las características del bagazo que sale del último molino en cuanto a su contenido de sacarosa para poder cuantificar así las pérdidas de azúcar en este producto.

Pol, es el valor obtenido por polarización directa o sencilla del peso normal de una solución en un sacarímetro. El término se usa en los cálculos como una sustancia real y se mide en grados Z.

#### **2.2.18 Medición del pH en productos azucarados**

Determina el pH de los jugos mediante la utilización de un pH-metro.

El pH es una medida utilizada para evaluar la acidez o alcalinidad de una sustancia. Acidez es la capacidad de una sustancia para aportar a una

disolución acuosa iones de hidrógeno, hidrogeniones ( $H^*$ ) al medio. La alcalinidad o base aporta hidroxilo  $OH^-$  al medio. Por lo tanto, el pH mide la concentración de iones de hidrógeno o hidroxilos de una sustancia.

### **2.2.19 Porcentaje de Materia Extraña**

Determina la proporción de materia extraña que ingresa en la caña proveniente de los diferentes canteros.

La materia extraña se refiere a la tierra, piedras, cogollos (hasta el último canuto coloreado), cepas, raíces, cañas secas y otros, es decir, todo lo que no forma parte de la caña.

### **2.2.20 Análisis de preparación y molienda**

Determina mediante análisis los datos de operación del sistema de preparación de caña, desde el proceso de preparación de la caña hasta el proceso de molienda.

### **2.2.21 Índice de preparación (PI)**

Es un método empírico que ha sido desarrollado para mostrar valores comparables para preparación de caña. Los resultados de esta prueba solo son comparables si el procedimiento es seguido precisamente en la forma que se detalla en el anexo 6.

### **2.2.22 Rendimiento probable de la caña**

Determina el rendimiento probable de contenido de azúcar en la caña recibida en el patio de almacenamiento para el pago a los respectivos proveedores.

### **2.2.23 Caña**

Es el material vegetal crudo del género *Saccharum* entregado a la fábrica, el cual incluye la caña limpia y la basura del campo.

### 3 CAPÍTULO III

#### 3.1 SITUACIÓN DEL PROCESO ANTES DE LA APLICACIÓN DEL BACTERICIDA

##### 3.1.1 PROCESO DE ELABORACIÓN DE AZÚCAR

El proceso de elaboración de azúcar comienza con la **recepción de materia prima**, en esta etapa se pesa y se realiza el análisis de calidad de la caña, para luego ser almacenada en el patio y conducida hacia la etapa de la **molienda** donde se extrae el jugo caña. El bagazo que resulta de la extracción es utilizado como combustible en las calderas. El jugo extraído es bombeado hacia la etapa de **clarificación** para purificar el jugo aplicando azufre, cal y floculantes los cuales forman sedimentos en los clarificadores. Estos sedimentos son enviados hacia filtros donde se separa el jugo que contiene sacarosa de los sedimentos ahora llamados cachaza, la cual sirve para fertilizar los suelos.

El jugo clarificado es enviado hacia la etapa de **evaporación** para ser sometido a varias etapas de evaporación con la finalidad de eliminar gran parte de agua que contiene el jugo dando como resultado un material más denso llamado meladura.

La meladura es enviada hacia la etapa de **crystalización** para ser colocada en tachos al vacío a los cuales se introducen núcleos de sacarosa previamente formados, de tamaño homogéneo para lograr un crecimiento de los cristales de azúcar de manera uniforme. Una vez formados los cristales del tamaño y pureza deseados, se lleva el producto, ahora llamado masa cocida, hacia la etapa de **centrifugación** para separar los granos de azúcar de la miel utilizando centrifugas que giran a grandes velocidades. La miel que resulta de este proceso se denomina melaza, la cual es vendida como materia prima para elaborar productos como alcohol, alimento para ganado y otros productos industriales.

El azúcar libre de miel es enviada hacia la etapa de **secado** para eliminar la humedad de los cristales de azúcar secándolos utilizando un tambor giratorio horizontal con aspas que permiten el paso del aire caliente en un extremo y aire frío en otro extremo, de modo que la temperatura de salida de la secadora sea muy cercana a la del ambiente.

Finalmente, en la etapa de **empaquetado**, el azúcar es conducida por medio de bandas transportadoras hacia las tolvas de empaque para ser empaquetada.

En la ilustración 3-2 se puede observar un diagrama IDEF0 del proceso de elaboración de azúcar.

### **3.1.2 EL PROCESO DE LA MOLIENDA**

En la ilustración 3-1 se puede observar el diagrama de flujo del proceso de la molienda antes de la aplicación del bactericida.

#### **3.1.2.1 Recepción de materia prima**

El proceso de la molienda de caña comienza con la recepción de las materias primas. Los camiones cargados de caña son pesados en grandes básculas, uno a la vez, para luego descargar la caña por medio de grúas. Existen dos métodos de descarga: alzando la caña por atados mediante cadenas, o bien volteando la carga del camión sobre un muro de volteo.

Para el primer método, el camión cargado se coloca por debajo de la grúa en el patio de almacenamiento, luego la grúa es enganchada manualmente a las cadenas que se encuentran rodeando la carga de caña por debajo, una vez enganchadas las cadenas, la grúa eleva la carga, las cadenas se ajustan y sujetan la carga, la grúa gira en su propio eje y deposita la carga en el patio de almacenamiento para luego desenganchar las cadenas y recogerlas.

Para el segundo método de descarga, el camión cargado se coloca en el patio de almacenamiento junto al muro de volteo, luego la grúa es enganchada manualmente a las cadenas que se encuentran rodeando la carga por debajo, una vez enganchadas las cadenas, la grúa eleva la carga, las cadenas se elevan con la caña y hacen que se vuelque al otro lado del muro de descarga. Cuando existe demasiada caña amontonada al otro lado del muro, un tractor retira el exceso de caña y lo ubica en diferentes puntos del patio o a su vez directamente en la alimentadora de caña.

### **3.1.2.2 Almacenamiento en el patio**

La caña que ha ingresado en el patio es almacenada para su futura molienda. En el caso del almacenamiento de la caña para uso nocturno, se utiliza la ecuación de la provisión nocturna que es igual a  $15A$ , donde  $A$  es la cantidad de caña que se molerá por hora. (Ecuación obtenida de "Handbook of Cane Sugar Engineering, E. Hugot, 1986, págs. 1-12".)

### **3.1.2.3 Cargar Alimentador con Caña**

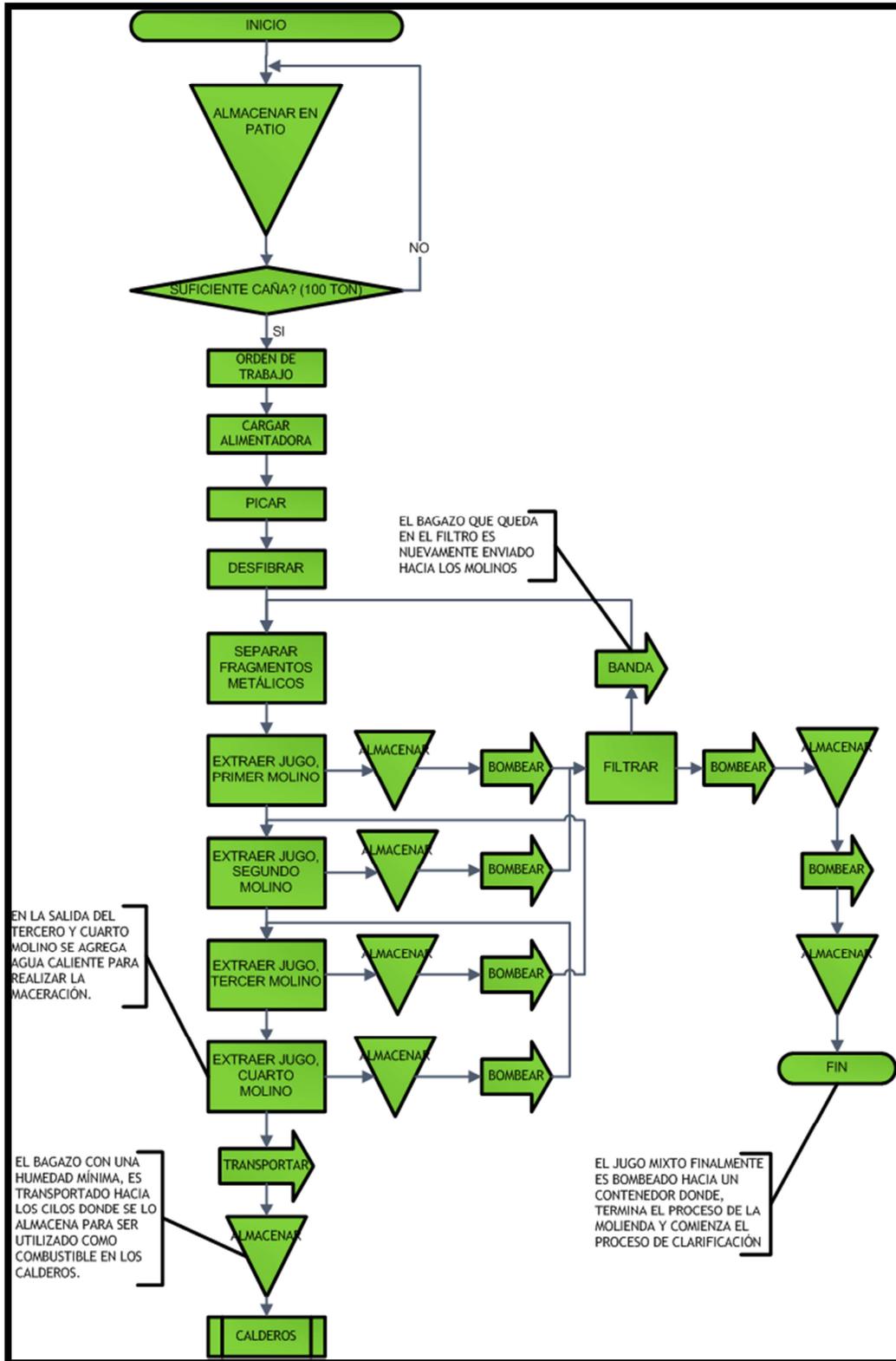
La caña es transportada desde el patio de almacenamiento hacia el alimentador por medio de un tractor, además existe una grúa de volteo ubicada en el alimentador que se utiliza en ocasiones, por lo que la caña es volteada directamente hacia el alimentador, y los restos de caña que queden fuera del alimentador son empujados con el tractor.

### **3.1.2.4 Preparación de la caña para la molienda**

#### **Picar la caña**

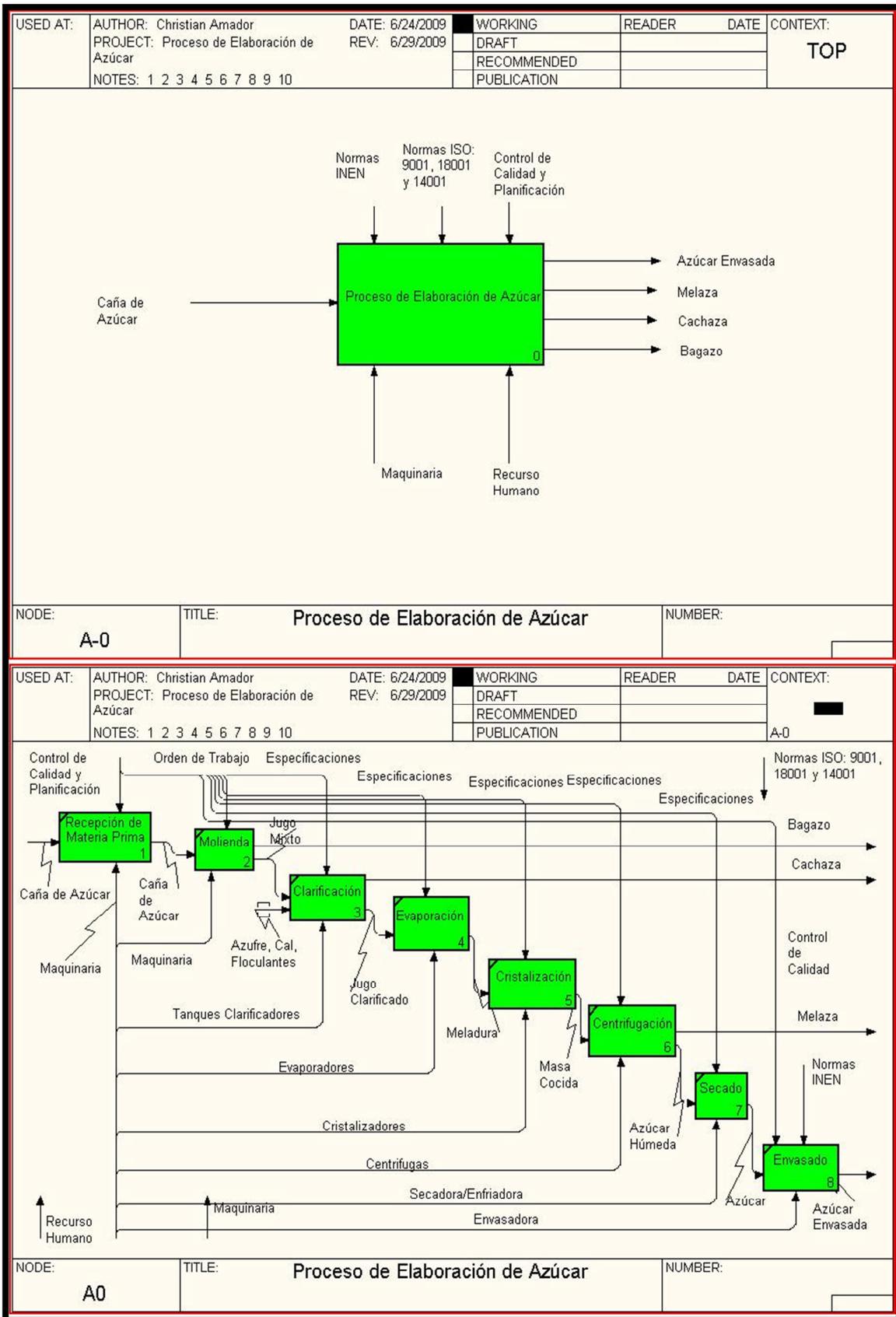
La caña que ingresa desde el alimentador, por medio de una banda transportadora, pasa por la picadora, donde, mediante cuchillas giratorias se la corta en trozos sin extraer jugo.

Ilustración 3-1, Diagrama de flujo del proceso sin la aplicación del bactericida.



Elaborado por Christian Amador

**Ilustración 3-2, Diagrama IDEF0, Proceso de Elaboración de Azúcar**



Elaborado por Christian Amador

## **Desfibrado**

La caña que ingresa desde la picadora, por medio de una banda transportadora, pasa por la desfibradora, que desgarrar los pedazos de caña provenientes de las cuchillas, convirtiéndolos en tiras sin extraer jugo.

## **Separación de fragmentos metálicos**

El separador de fragmentos metálicos no es más que un electroimán suspendido sobre la banda transportadora, que cumple con la función de atraer piezas metálicas de hierro para evitar que estos metales causen serios daños a la maquinaria.

### **3.1.2.5 Molienda:**

#### **Extracción de jugo en el primer molino**

La caña una vez preparada ingresa desde la desfibradora hacia el primer molino, por medio de una banda transportadora, donde se extrae la mayor cantidad de jugo posible, al regular la presión y la velocidad de rodillos, este jugo exprimido, llamado también jugo primario, se derrama a través de las canaletas y es conducido hacia un contenedor pequeño para ser bombeado hacia la etapa de filtración.

El bagazo que se desprende de este molino todavía contiene jugo por lo que es inmediatamente dirigido hacia el segundo molino. En la salida de jugo de este molino es donde se tomarán las muestras de jugo primario, para luego ser analizadas en el laboratorio.

### **Extracción de jugo en el segundo molino**

El bagazo ingresa desde el primer molino para ser exprimido, además, a este molino se le añade el jugo procedente del tercer molino, para aumentar la extracción de jugo. A este proceso se denomina maceración.

El jugo exprimido en este molino es conducido a través de canaletas hacia un contenedor pequeño para ser bombeado hacia la etapa de filtración.

El bagazo que se desprende de este molino todavía contiene jugo por lo que es inmediatamente dirigido hacia el tercer molino.

### **Extracción de jugo en el tercer molino**

El bagazo ingresa desde el segundo molino para ser exprimido, además a este molino se le añade el jugo procedente del cuarto molino y agua caliente, para realizar la maceración mixta.

El jugo exprimido en este molino es conducido a través de canaletas hacia un contenedor pequeño para ser bombeado hacia el segundo molino.

El bagazo que se desprende de este molino todavía contiene jugo, por lo que es inmediatamente dirigido hacia el cuarto molino.

### **Extracción de jugo en el cuarto molino**

El bagazo ingresa desde el tercer molino para ser exprimido, además a este molino se le añade agua caliente, para realizar la maceración.

El jugo exprimido en este molino (último molino), es conducido a través de canaletas hacia un contenedor pequeño para ser bombeado hacia el tercer molino.

El bagazo que se desprende de este molino tiene niveles de humedad muy bajos y es transportado por medio de una banda transportadora hacia los silos de almacenamiento para luego ser utilizado como combustible en los calderos.

### **3.1.2.6 Filtración y Almacenamiento**

El jugo primario y mixto son bombeados desde los contenedores del primero y segundo molino por medio de tuberías de acero, donde se mezclan los jugos y toman el nombre de jugo mixto, hacia un filtrador rotativo, el cual filtra el jugo mixto, al hacerlo pasar a través de una malla de acero de 0,05 mm de holgura, donde se queda el bagazo y otras partículas indeseables.

Luego de haber sido filtrado, el jugo mixto es bombeado hacia un primer tanque de almacenamiento. Inmediatamente el jugo mixto es bombeado hacia un segundo tanque de almacenamiento donde termina el proceso de la molienda y comienza el proceso de clarificación.

El bagazo filtrado es enviado hacia la banda transportadora después del desfibrado para volver a ser exprimido por los molinos.

En este último tanque de almacenamiento es donde se tomarán las muestras de jugo mixto, para ser analizadas en el laboratorio.

### **3.1.3 FASE DEFINE**

#### **3.1.3.1 Definición del foco de mejora**

El tema de mejora se encuentra en la etapa de la molienda, específicamente, en el jugo mixto que sirve como materia prima para la siguiente etapa de la clarificación, el cual pierde su contenido de sacarosa en el transcurso de esta etapa debido a la inversión de la sacarosa. Este tema ha sido definido por el jefe de producción y el jefe de control de calidad, basándose en el hecho de

que es posible mejorar la calidad de este jugo mixto, en cuanto al contenido de sacarosa.

### 3.1.3.2 Identificación de las características críticas

En el proceso de la molienda se extrae el jugo de caña, el cual es llamado en su etapa final jugo mixto. Este jugo mixto es bombeado como materia prima del siguiente proceso, la clarificación.

Como características críticas se tiene en la salida del proceso el jugo mixto, el cual es el producto que será entregado al cliente en la siguiente etapa, la clarificación.

Diagrama SIPOC macro, ilustración 3-3.

Ilustración 3-3, Diagrama SIPOC macro del proceso

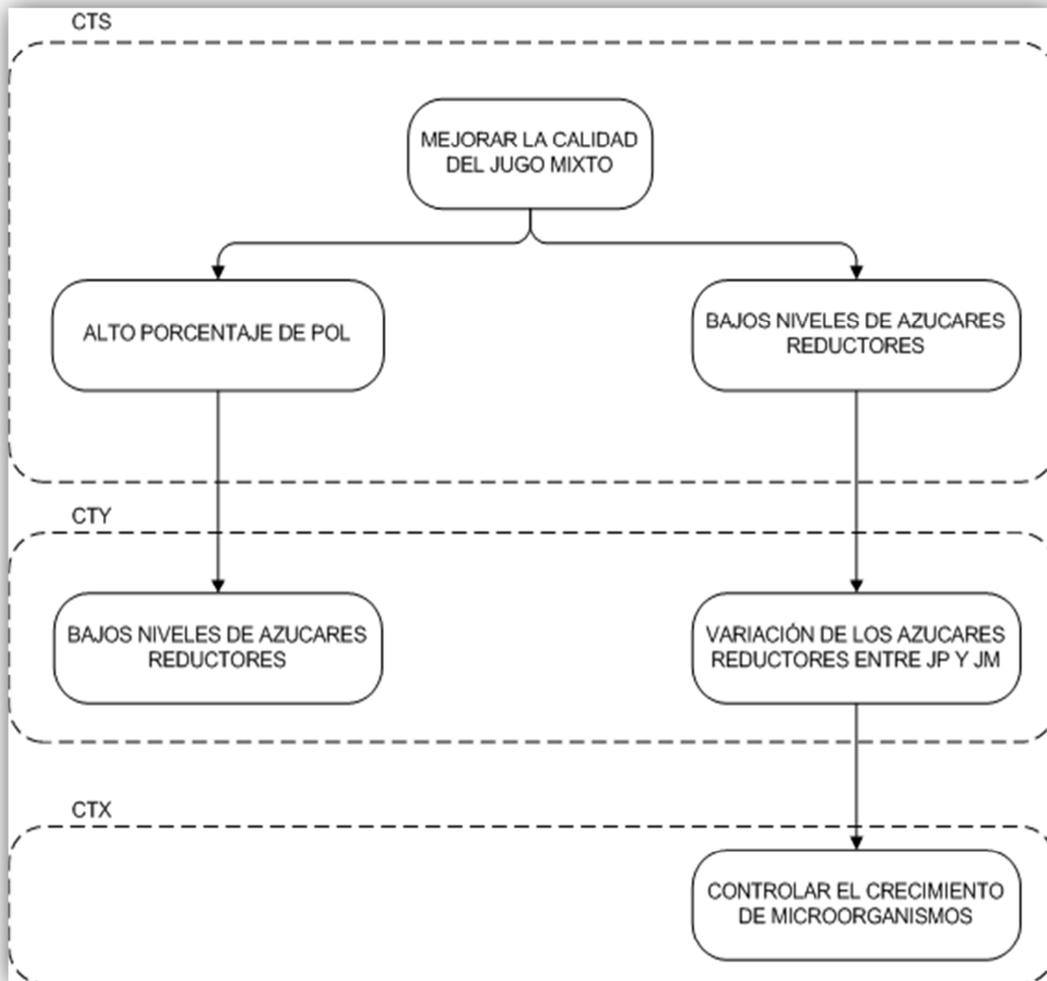
DIAGRAMA SIPOC - PROCESO DE MOLIENDA DE CAÑA				
PROVEEDOR	ENTRADA	PROCESO	SALIDA	CLIENTE
Recepción de Materias Primas.	Caña de Azúcar	INICIO: Almacenamiento de la caña.	Bagazo	Calderas
		Preparación de la caña para la molienda		
Jefe de Producción.	Orden de Producción	Separación de fragmentos metálicos.	Jugo Mixto	Clarificación
		Extracción del jugo y maceración	Muestras de Control de Calidad	Laboratorio de Control de Calidad.
Planta de Tratamiento de Aguas.	Agua	Transporte del bagazo		
		FINAL: Transporte del jugo hacia las calderas		

Elaborado por Christian Amador

El porcentaje de azúcares reductores se incrementa en el jugo de caña desde el momento en que es cortada, debido a la acción de bacterias y levaduras, y es así que en esta parte del proceso el porcentaje de azúcares reductores que tiene el jugo mixto no debe continuar incrementándose, para así reducir las pérdidas a causa del crecimiento excesivo de microorganismos.

En el árbol de CT Flowdown (características críticas al flujo del proceso), ilustración 3-4, se puede observar qué es lo que requiere el cliente en el proceso.

Ilustración 3-4, Árbol de características CTS, CTY, CTX.



Elaborado por Christian Amador

Debido a que el crecimiento microbiológico se da en la caña de azúcar desde el momento que es cultivada, se ha realizado una matriz de priorización con alternativas que sugieren el lugar donde se puede implementar un control microbiológico, éstas alternativas son valoradas de acuerdo a criterios que ayudan a elegir la mejor opción. En el desarrollo de la matriz de priorización, las alternativas y criterios seleccionados se detallan en la Tabla 3-1.

El resultado obtenido de esta herramienta indica que, basándose en los criterios de selección, se debe realizar un control microbiológico en la etapa de la molienda, para asegurar menor tiempo y costo de implementación y efectividad a corto plazo donde existe un mayor crecimiento microbiológico.

#### **3.1.3.3 Objetivo de Mejora**

El objetivo de mejora se lo selecciona entre las características críticas para el producto (CTY), el cual es, reducir la diferencia que existe entre la media del nivel de azúcares reductores del jugo primario y la media del nivel de azúcares reductores del jugo mixto.

#### **3.1.3.4 Impacto Financiero**

Con este proyecto se espera reducir las pérdidas de sacarosa que ocasionan los microorganismos, esto conlleva a mejorar el rendimiento en kilogramos de sacarosa por tonelada de caña molida.

Es decir, se aprovechará de mejor manera la materia prima obteniendo mayores ganancias, en sacos de azúcar producidos, por cada tonelada de caña molida.

Tabla 3-1, Matriz de priorización

MATRIZ DE PRIORIZACIÓN								
<b>ALTERNATIVAS</b>								
1	Control microbiológico en la etapa de la molienda.							
2	Control microbiológico en el campo de cultivo.							
3	Control microbiológico en la recepción de materia prima.							
4	Control microbiológico en la etapa de la clarificación.							
5	Control microbiológico en todo el proceso.							
	<b>Criterios</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>SUMA</b>	<b>PORCENTAJE</b>	
A	Menor tiempo de implementación		5	3	3	11	18.33%	
B	Menor costo de implementación	5		3	5	13	21.67%	
C	Efectividad a corto plazo	7	7		5	19	31.67%	
D	Mayor crecimiento microbiológico	7	5	5		17	28.33%	
						60	100%	
	<b>Criterio A</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>SUMA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
1	Control microbiológico en la etapa de la molienda.		7	5	5	9	26	26.00%
2	Control microbiológico en el campo de cultivo.	3		3	5	9	20	20.00%
3	Control microbiológico en la recepción de materia prima.	5	7		5	9	26	26.00%
4	Control microbiológico en la etapa de la clarificación.	5	5	5		9	24	24.00%
5	Control microbiológico en todo el proceso.	1	1	1	1		4	4.00%
							100	100%
	<b>Criterio B</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>SUMA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
1	Control microbiológico en la etapa de la molienda.		7	3	5	9	24	24.00%
2	Control microbiológico en el campo de cultivo.	3		3	3	9	18	18.00%
3	Control microbiológico en la recepción de materia prima.	7	7		5	9	28	28.00%
4	Control microbiológico en la etapa de la clarificación.	5	7	5		9	26	26.00%
5	Control microbiológico en todo el proceso.	1	1	1	1		4	4.00%
							100	100%
	<b>Criterio C</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>SUMA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
1	Control microbiológico en la etapa de la molienda.		9	7	7	1	24	24.00%
2	Control microbiológico en el campo de cultivo.	1		3	1	1	6	6.00%
3	Control microbiológico en la recepción de materia prima.	3	7		7	1	18	18.00%
4	Control microbiológico en la etapa de la clarificación.	3	9	3		1	16	16.00%
5	Control microbiológico en todo el proceso.	9	9	9	9		36	36.00%
							100	100%
	<b>Criterio D</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>SUMA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
1	Control microbiológico en la etapa de la molienda.		5	7	7	3	22	22.00%
2	Control microbiológico en el campo de cultivo.	5		5	7	3	20	20.00%
3	Control microbiológico en la recepción de materia prima.	3	5		7	3	18	18.00%
4	Control microbiológico en la etapa de la clarificación.	3	3	3		3	12	12.00%
5	Control microbiológico en todo el proceso.	7	7	7	7		28	28.00%
							100	100%
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>			
		Menor tiempo de implementación	Menor costo de implementación	Efectividad a corto plazo	Mayor crecimiento microbiológico			
		18.33%	21.67%	31.67%	28.33%	<b>PORCENTAJE</b>		
1	Control microbiológico en la etapa de la molienda.	26.00%	24.00%	24.00%	22.00%	23.80%		
2	Control microbiológico en el campo de cultivo.	20.00%	18.00%	6.00%	20.00%	15.13%		
3	Control microbiológico en la recepción de materia prima.	26.00%	28.00%	18.00%	18.00%	21.63%		
4	Control microbiológico en la etapa de la clarificación.	24.00%	26.00%	16.00%	12.00%	18.50%		
5	Control microbiológico en todo el proceso.	4.00%	4.00%	36.00%	28.00%	20.93%		

9 = Mucho más importante  
7 = Más importante  
5 = Igualmente importante  
3 = Menos importante  
1 = Mucho menos importante

Elaborado por Christian Amador

<b>Costos</b>	<b>Beneficios</b>
Bombas Dosificadoras (x2)	Reducir las pérdidas de sacarosa
Consumo eléctrico	
Fungicida y Bactericida	Mayor ganancia en sacos de 50kg de azúcar por tonelada de caña molida.
Placas Petrifilm	
Placas Hygicult	

### 3.1.3.5 Recursos

- Instrumentos de Laboratorio.
- Fungicida y Bactericida Procide BC800 30H.
- Placas Petrifilm 3M para conteo de aerobios.
- Placas Hygicult TPC para control rápido de la higiene microbiológica.
- Bombas dosificadoras. (2)

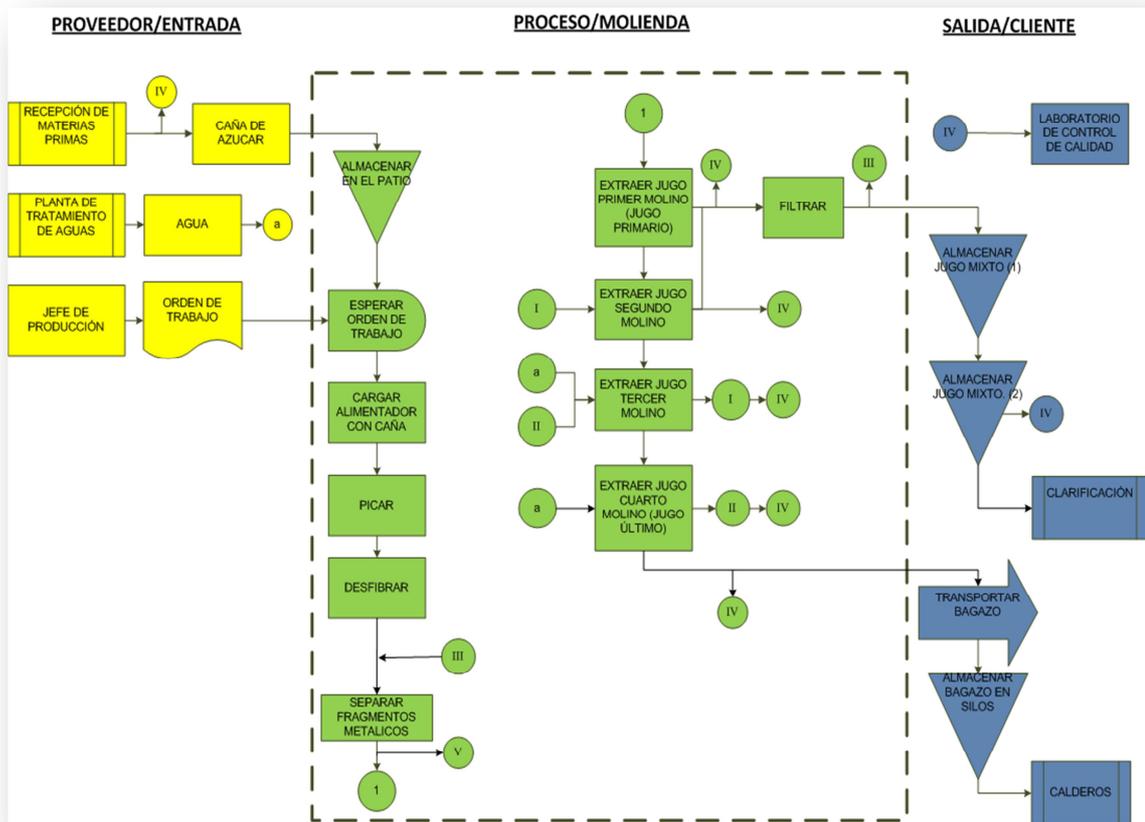
### 3.1.4 FASE MEASURE

#### 3.1.4.1 Mapear el proceso

En el proceso de molienda no se aplica un bactericida que permita controlar el nivel de microorganismos, por lo que, los niveles de azúcares reductores varían desproporcionadamente y excesivamente en algunas ocasiones, este trae consigo un elevado índice de pérdidas de kilogramos de sacarosa por tonelada de caña molida.

En la ilustración 3-5, se observa todo el proceso en un diagrama SIPOC detallado.

Ilustración 3-5, Diagrama SIPOC detallado, antes de la aplicación del bactericida.



Elaborado por Christian Amador

### 3.1.4.2 FUNDAMENTOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS

#### 3.1.4.3 Definir y validar la medición

#### 3.1.4.4 Indicadores utilizados para determinar los cálculos de pérdidas de sacarosa en los molinos

Las variables utilizadas son el porcentaje de Brix y los azúcares reductores. Para determinarlas es necesario tomar muestras de jugo primario y jugo mixto.

**Toma de muestras:**

Para tomar las muestras se necesita como materiales, dos envases plásticos con tapa roscada y un envase metálico con una extensión de aproximadamente un metro.

Lo primero que se debe hacer es ir al lugar donde se va a tomar las muestras, en este caso a los tachos de jugo primario y de jugo mixto.

Acercar el envase metálico hacia el lugar de dónde cae el jugo y tomar la muestra, poner en el envase y desechar en el tacho. Esto se hace con el fin de homogenizar el envase. Luego tomar la muestra nuevamente con el envase metálico, colocar la muestra en el envase y tapar para evitar que esté en contacto con el ambiente.

**Determinación de Sólidos Solubles (%Brix).**

El método utilizado para determinar el brix en los jugos primario y mixto utilizado en el laboratorio se presenta en la ilustración 3-6:

**Equipo:**

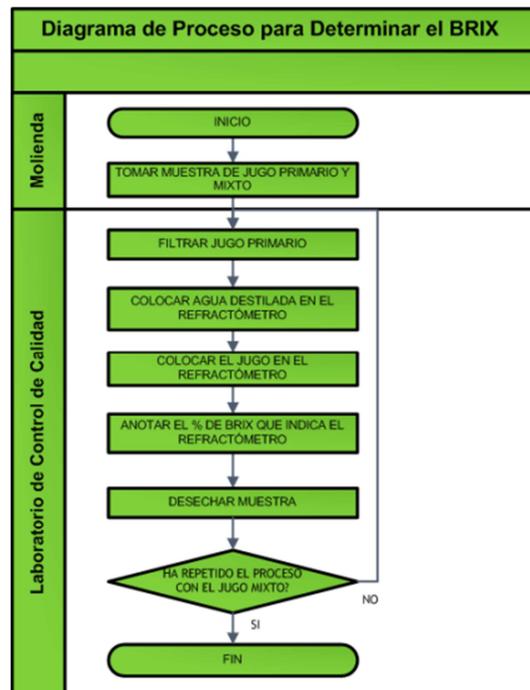
- Refractómetro.
- Malla filtradora.
- Envase plástico.
- Envase plástico con tapa roscada.

**Procedimiento:**

1. Tomar una muestra del jugo primario y mixto, unos 100 cm<sup>3</sup> en un envase plástico con tapa roscada.

2. Filtrar el jugo descartando los primeros 25 cm<sup>3</sup> del filtrado homogenizando el envase de plástico en donde se va a filtrar el jugo.
3. Colocar en la unidad óptica del refractómetro, agua destilada para verificación del cero.
4. Colocar en la unidad óptica del refractómetro, el jugo filtrado necesario para hacer la determinación.
5. Leer el porcentaje de brix que indica el refractómetro.

Ilustración 3-6, Diagrama de proceso, determinación de brix.



Elaborado por Christian Amador

### Determinación de Azúcares Reductores en los jugos

El método utilizado es el Método rápido de Lane y Eynon, “en el cual una muestra de jugo que contiene cerca de 0,15 a 0,30 gramos de azúcares reductores por cada 100 cm<sup>3</sup> se titula contra una solución de Fehling.”<sup>18</sup>

<sup>18</sup> Manual de Laboratorio para la Industria Azucarera, Editor: Carlos E. Buenaventura Osorio, pág. 62.

Equipo:

- Balanza.
- Plato de calentamiento con agitador magnético.
- Buretas digitales
- Erlenmeyer
- Pipetas

**Preparación de los reactivos:**Solución Azul de Metileno 1%

Ilustración 3-7.

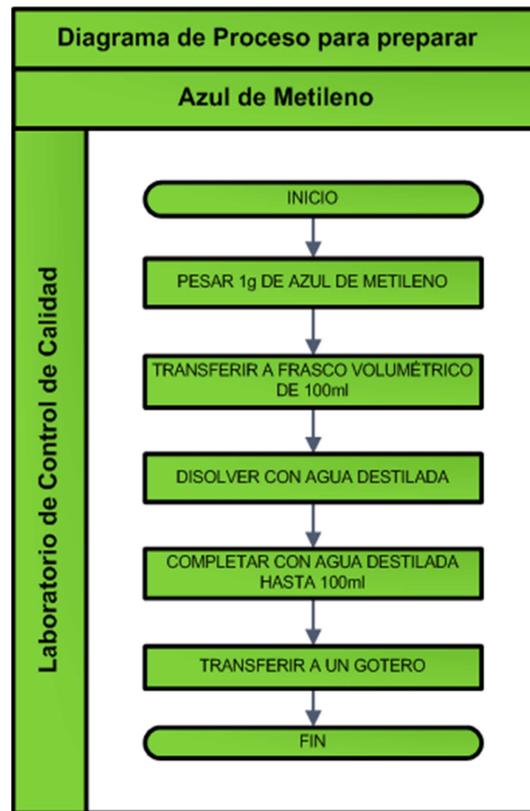
- Pesar 1 gramo de azul de metileno y transferirlo a un frasco volumétrico de 100 cm<sup>3</sup>.
- Llenar hasta la mitad con agua destilada y disolver.
- Completar el volumen con agua destilada y mezclar.

Solución de Sulfato de Cobre, Fehling A

Ilustración 3-8.

- Pesar 69.5 gramos de sulfato de cobre  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  y transferirlos a un frasco volumétrico de 1000 cm<sup>3</sup>.
- Llenarlo hasta la mitad con agua destilada y agitar hasta disolver los cristales.
- Completar el volumen con agua destilada.

Ilustración 3-7, Diagrama de proceso, azul de metileno



### Solución de Tartrato de Sodio y Potasio Fehling B

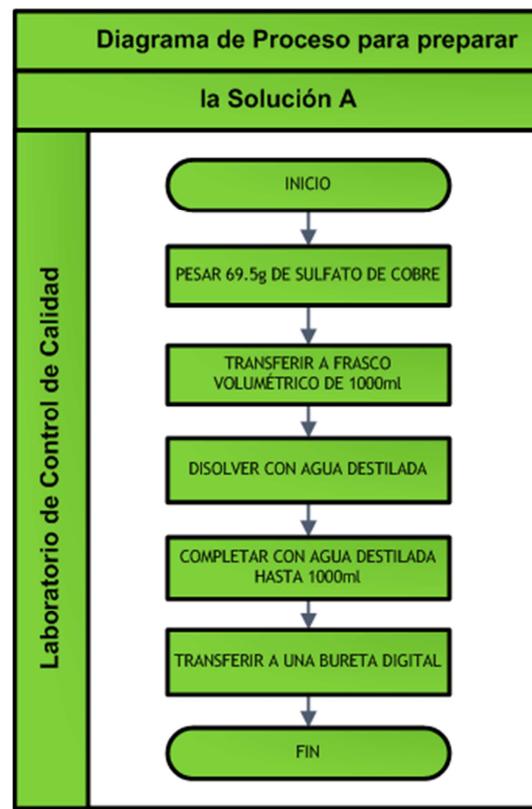
Ilustración 3-9.

- Pesar 346 gramos de tartrato de sodio y potasio  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ , en un recipiente. Adicionar aproximadamente  $350 \text{ cm}^3$  de agua destilada y agitar hasta disolver.
- Pesar 100 gramos de hidróxido de sodio  $\text{NaOH}$  en otro recipiente, adicionar  $250 \text{ cm}^3$  de agua destilada y agitar hasta disolver.
- Transferir las dos soluciones a un frasco volumétrico de  $1000 \text{ cm}^3$ , enjuagar los recipientes y transferir los lavados al frasco. Mezclar y

enfriar a temperatura ambiente. Completar el volumen con agua destilada y mezclar.<sup>19</sup>

Colocar las soluciones A y B en las buretas digitales y la solución de azul de metileno en un gotero.

Ilustración 3-8, Diagrama de proceso, solución fehling A



Elaborado por Christian Amador

### Estandarización de las soluciones Fehling:

#### Materiales:

- Balón volumétrico de 250 cm<sup>3</sup>
- Pipetas de 5 cm<sup>3</sup>
- Bureta de 50 cm<sup>3</sup>

<sup>19</sup> Manual de Laboratorio para la Industria Azucarera, Editor: Carlos E. Buenaventura Osorio, págs. 62-63.

- Vaso de precipitación erlenmeyer de 250 cm<sup>3</sup>

Agentes:

- Solución invertida estándar
- Solución Fehling A
- Solución Fehling B
- Azul de metileno al 1%

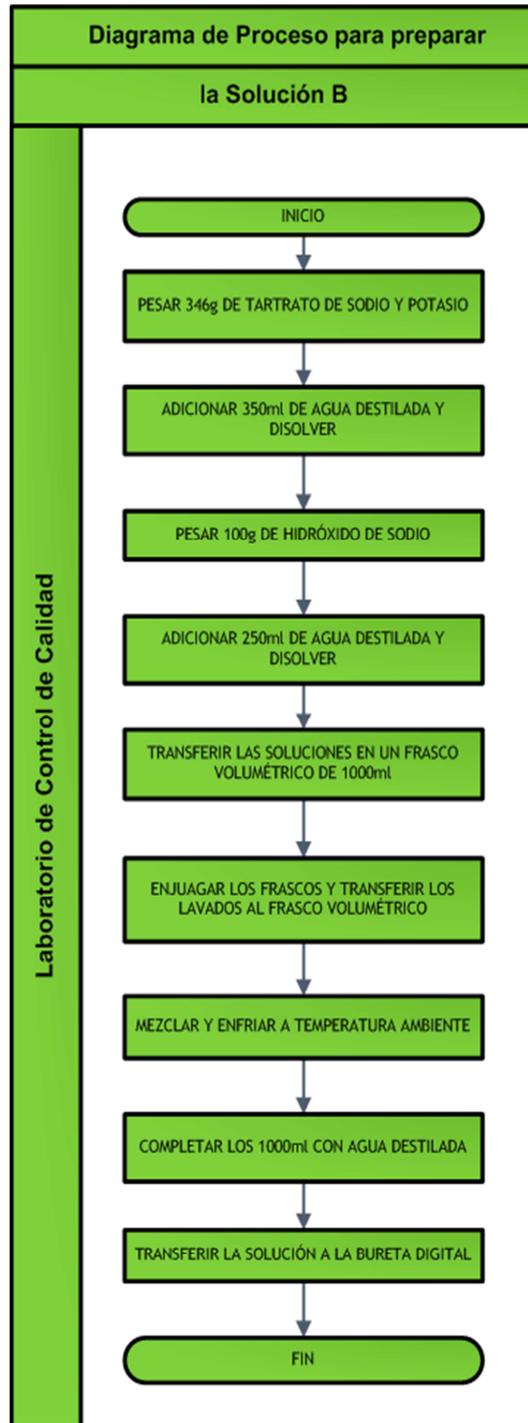
**Preparación de la Solución Invertida Estándar**

Ilustración 3-10.

- Pesar y disolver 9,5 gramos de sacarosa (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>) en 70 cm<sup>3</sup> de agua destilada en un recipiente de 250 cm<sup>3</sup>.
- Añadir 10 cm<sup>3</sup> de ácido clorhídrico y dejar a temperatura ambiente por 5 días.
- Añadir suficiente solución de hidróxido de sodio, aproximadamente 32 cm<sup>3</sup>, para elevar el PH hasta 3 y verificar usando un pH metro.
- Transferir a un balón volumétrico de 1000 cm<sup>3</sup>.
- Aparte, pesar y disolver 2 gramos de ácido benzoico (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COOH) en 800 cm<sup>3</sup> de agua destilada por ebullición.
- Enfriar y añadir al balón volumétrico de 1000 cm<sup>3</sup>, luego llenar el balón con agua destilada.

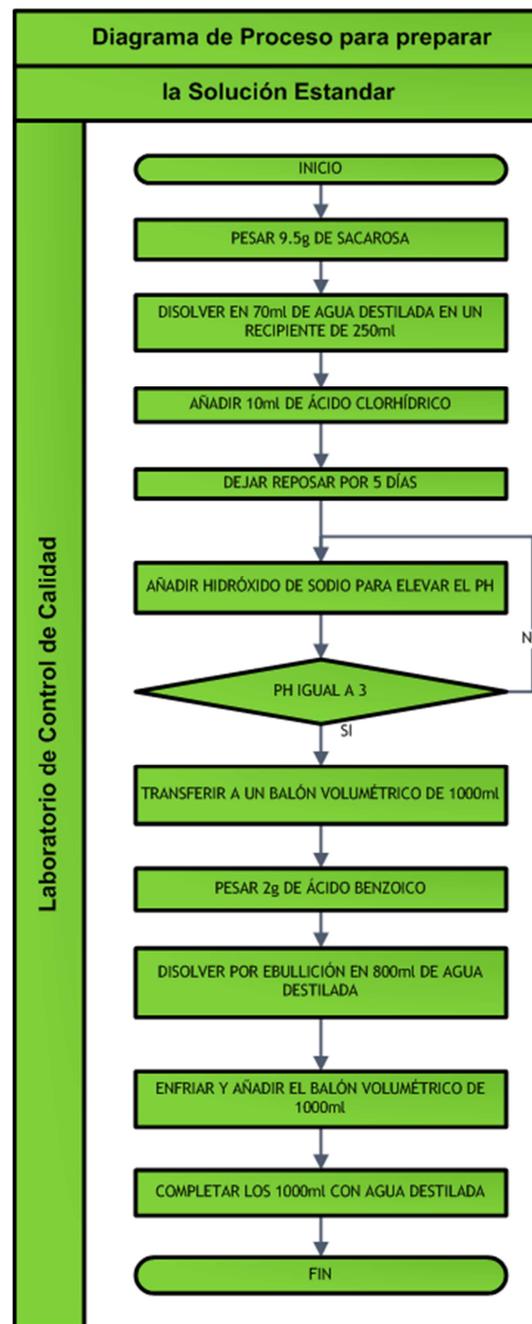
Esta solución contiene un gramo de azúcar invertida por cada 1000 cm<sup>3</sup>.

Ilustración 3-9, Diagrama de proceso, solución fehling B



Elaborado por Christian Amador

Ilustración 3-10, Diagrama de proceso, solución invertida estándar



### Procedimiento para estandarizar las soluciones fehling:

Ilustración 3-11.

- Añadir  $50 \text{ cm}^3$  de la solución invertida estándar en el balón volumétrico de  $100 \text{ cm}^3$  y diluir hasta completar el nivel con agua destilada.

- Llenar la bureta con la solución invertida estándar ya diluida.
- Añadir 5 cm<sup>3</sup> de la solución fehling A y 5 cm<sup>3</sup> de la solución fehling B en el erlenmeyer de 250 cm<sup>3</sup> y titular la solución estándar usando el método de Lane y Eynon.

### **Cálculos:**

Si la solución fehling está correcta (25,64 cm<sup>3</sup> de la solución estándar), entonces podrá ser usada.

Si se requiere menos de 25,64 cm<sup>3</sup> de la solución estándar, las soluciones fehling son muy débiles por lo que se añadirá sulfato de cobre a la solución fehling A, hasta obtener los 25,64 cm<sup>3</sup>.

De igual manera, si se requiere más de 25,64 cm<sup>3</sup>, la solución fehling A, deberá ser diluida hasta que los 5 cm<sup>3</sup> de la solución A, más los 5 cm<sup>3</sup> de la solución B corresponda a los 25,64 cm<sup>3</sup> de la solución invertida.<sup>20</sup>

### **Procedimiento para determinar los azúcares reductores:**

Ilustración 3-12.

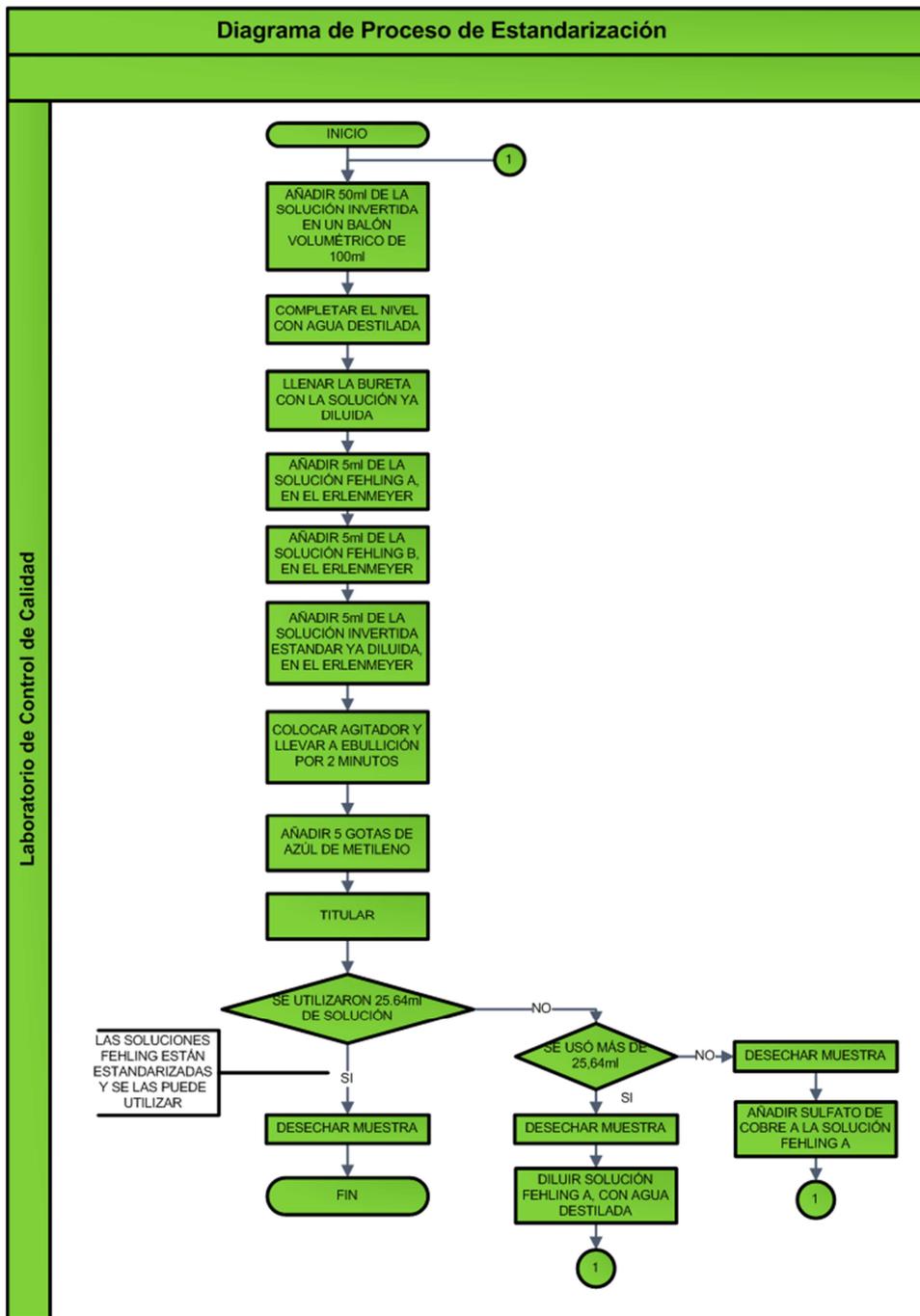
1. Una vez tomada la muestra del jugo, se lo hace pasar a través de una malla filtradora, descartando los primeros 25 cm<sup>3</sup> del filtrado homogenizando el envase de plástico.
2. Colocar el jugo filtrado en la bureta homogenizada previamente con el jugo y completar hasta cero.

---

<sup>20</sup> Laboratory Manual for South African Sugar Factories Including de Official Methods, Pág. 179

3. Colocar 5 cm<sup>3</sup> de la solución A y 5 cm<sup>3</sup> de la solución B en el erlenmeyer, utilizando la bureta digital.
4. Mezclar la solución con movimientos circulares.
5. Añadir 5 cm<sup>3</sup> de jugo en el erlenmeyer que contiene las soluciones A y B.
6. Colocar el frasco en el plato de calentamiento e introducir el agitador en el erlenmeyer.
7. Llevar la solución a ebullición y mantenerla agitándose.
8. Mantener la ebullición por exactamente dos minutos, inmediatamente después añadir cinco gotas de la solución de azul de metileno. La solución cambiará a su coloración a un color azul; de lo contrario, indica que se utilizó demasiado jugo y se debe desechar la solución y comenzar de nuevo con 2 o 3 cm<sup>3</sup> menos de jugo.
9. Una vez colocadas las cinco gotas de azul de metileno, se debe añadir jugo gota a gota hasta que la coloración azul haya desaparecido completamente. Esta adición debe completarse un minuto después de haber adicionado el azul de metileno.
10. Cuando el azul haya desaparecido se retira la solución del plato calentador y se la desecha.
11. En la bureta queda el resultado de cuánto jugo se necesitó para realizar la titulación; estos valores servirán para conocer el porcentaje de azúcares reductores.

Ilustración 3-11, Diagrama de proceso, estandarizar las soluciones fehling

**Aplicación:**

Jugo añadido antes de ebullición:  $5 \text{ cm}^3$

Jugo requerido para completar la titulación:  $8,4 \text{ cm}^3$

Jugo total requerido en la titulación:  $13,4 \text{ cm}^3$

Con este valor de jugo total requerido en la titulación, consultar la tabla 3-2 y ver el porcentaje de sustancias reductoras. En el ejemplo, 13,4 es igual a 0,35% de azúcares reductores.

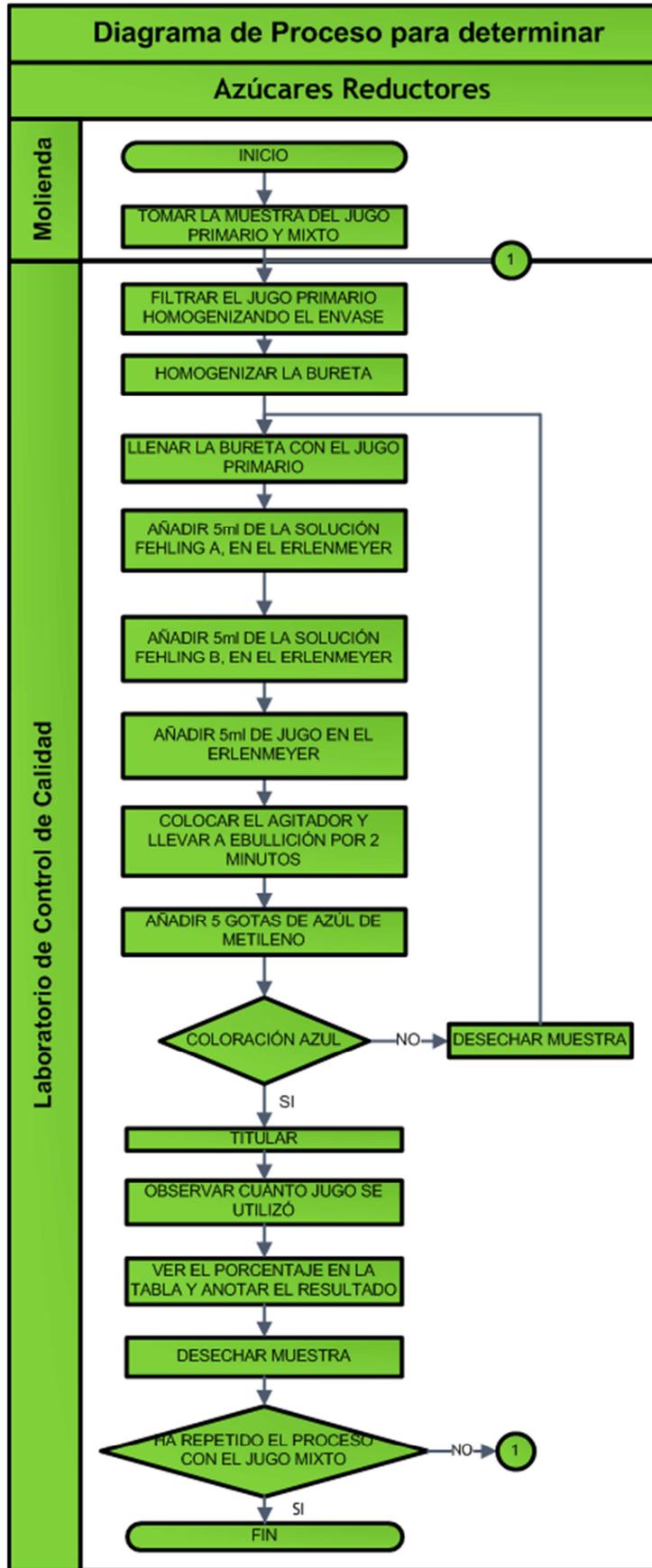
**Tabla 3-2, Sustancias reductoras en jugos por el método rápido de Lane y Eynon.**

Titul. (cm <sup>3</sup> )	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Sustancias Reductoras %									
2	2,37	2,24	2,12	2,03	1,95	1,87	1,80	1,73	1,67	1,61
3	1,56	1,52	1,47	1,43	1,39	1,35	1,31	1,27	1,24	1,21
4	1,17	1,14	1,11	1,08	1,05	1,03	1,01	0,99	0,97	0,95
5	0,93	0,91	0,90	0,88	0,86	0,85	0,84	0,82	0,80	0,79
6	0,78	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68
7	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	0,63	0,62	0,61	0,60	0,60
8	0,59	0,58	0,57	0,56	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53
9	0,52	0,51	0,51	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47
10	0,47	0,46	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43
11	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40	0,40	0,39
12	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37	0,36
13	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34
14	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31
15	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29
16	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
17	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26
18	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
19	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
20	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22

Elaborado por Christian Amador

Si la titulación requiere más de 20 cm<sup>3</sup> de muestra, dividir la cantidad de volumen requerida para diez, este valor se lo busca en la tabla. El valor encontrado en la tabla se lo divide nuevamente para diez y así se encuentra el porcentaje de azúcares reductores.

Ilustración 3-12, Diagrama de proceso para determinar los azúcares reductores



Elaborado por Christian Amador

### 3.1.4.5 RESULTADOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO

Se han recolectado muestras y datos, que permiten evaluar el estado actual del proceso antes de la aplicación del bactericida.

En la siguiente tabla 3-3, se encuentran los indicadores que serán utilizados:

**Tabla 3-3, Situación del proceso, antes de la aplicación del bactericida.**

Fecha:	Molienda Tn:	BRIX JP	AR JP	BRIX JM	AR JM	Pérdidas kg/Tn:	PT Sacos de 50Kg:	ARJM - ARJP
2-Feb-09	220.62	19.78	0.44	16.45	0.51	1.411907	6.23	0.07
3-Feb-09	1005.77	19.91	0.34	16.70	0.41	1.153233	23.20	0.06
4-Feb-09	883.72	18.96	0.29	17.29	0.40	1.241166	21.94	0.11
5-Feb-09	1115.56	18.56	0.28	15.53	0.35	1.099874	24.54	0.07
6-Feb-09	1008	18.12	0.31	15.38	0.38	1.117401	22.53	0.07
7-Feb-09	685.7	18.08	0.39	14.81	0.43	1.099782	15.08	0.04
9-Feb-09	965.02	18.85	0.41	16.12	0.47	1.142315	22.05	0.06
10-Feb-09	1080.25	18.85	0.39	16.10	0.45	1.147243	24.79	0.06
11-Feb-09	808.11	19.05	0.38	15.86	0.43	1.145008	18.51	0.05
12-Feb-09	1022.37	19.46	0.38	15.05	0.43	1.469527	30.05	0.05
13-Feb-09	634.01	18.88	0.40	15.93	0.46	1.134963	14.39	0.06
17-Feb-09	791.93	19.81	0.36	16.83	0.40	0.962375	15.24	0.05
18-Feb-09	492.01	18.72	0.35	15.61	0.41	1.146613	11.28	0.06
19-Feb-09	576.03	18.85	0.32	15.61	0.38	1.131811	13.04	0.06
20-Feb-09	693.05	19.80	0.32	16.57	0.40	1.287474	17.85	0.08
21-Feb-09	900.99	18.52	0.30	15.49	0.40	1.425522	25.69	0.10
22-Feb-09	849.66	18.42	0.32	15.74	0.39	1.116319	18.97	0.07
23-Feb-09	1042.51	18.62	0.32	15.11	0.38	1.235589	25.76	0.06
24-Feb-09	906.56	18.14	0.40	14.58	0.50	1.837160	33.31	0.10
25-Feb-09	768.81	17.75	0.41	15.13	0.47	1.193062	18.34	0.06
26-Feb-09	720.57	17.66	0.35	14.67	0.42	1.268167	18.28	0.07
3-Mar-09	819.09	19.21	0.26	16.07	0.34	1.193440	19.55	0.08
4-Mar-09	895.17	18.90	0.35	16.90	0.44	1.181262	21.15	0.09
5-Mar-09	781.23	17.91	0.34	16.44	0.42	0.927725	14.50	0.08
6-Mar-09	1055.07	19.21	0.47	16.68	0.55	1.333448	28.14	0.08
7-Mar-09	1109.13	19.95	0.52	17.17	0.59	1.344647	29.83	0.07
8-Mar-09	1008.47	19.73	0.37	17.52	0.45	1.114624	22.48	0.08

Elaborado por Christian Amador

Nota: En algunos días no se tomaron muestras debido a una parada de la fábrica para mantenimiento.

**Molienda Tn** Se refiere a las toneladas de caña molidas en el día.

**BRIX JP** Se refiere a los grados brix del jugo primario, el promedio del día.

**BRIX JM** Se refiere a los grados brix del jugo mixto, el promedio del día.

<b>AR JP</b>	Se refiere al contenido de azúcares reductores del jugo primario, el promedio del día.
<b>AR JM</b>	Se refiere al contenido de azúcares reductores del jugo mixto, el promedio del día.
<b>Pérdidas kg/Tn</b>	Se refiere al índice de inversión, pérdidas de sacarosa por cada tonelada de caña molida. $0.0815 \times \text{BRIX JP} \times [(\text{ARJM} \div \text{BRIX JM}) - (\text{ARJP} \div \text{BRIX JP})] \times 100$
<b>PT sacos de 50Kg</b>	Se refiere a las pérdidas totales de sacos de azúcar de 50 kg. $(\text{Molienda en toneladas} \times \text{Pérdidas kg/Tn}) \div 50$
<b>ARJM – ARJP</b>	Se refiere a la variación entre ARJM y ARJP.

#### 3.1.4.6 Determinar la estabilidad del proceso

En la ilustración 3-13, se puede observar un resumen del comportamiento de los datos (Azúcares Reductores del Jugo Primario), antes de la aplicación del bactericida.

La media del promedio de las muestras diarias es de 0,36148. Es igual al porcentaje promedio de azúcares reductores del jugo primario.

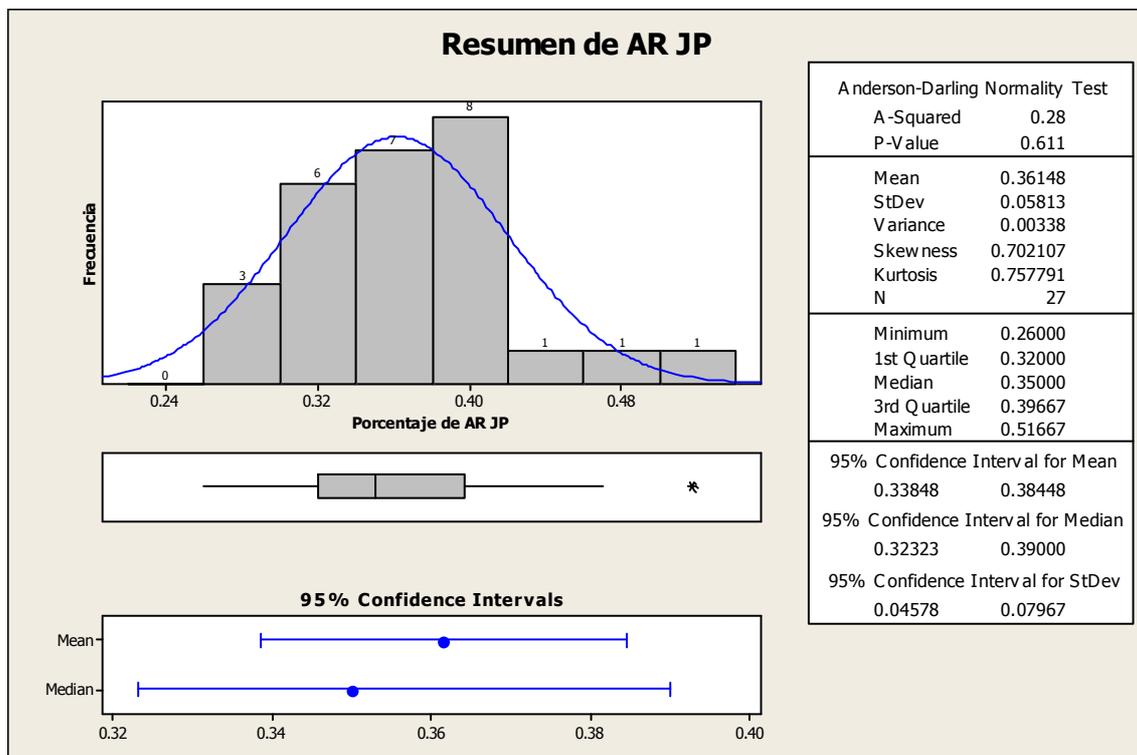
La desviación estándar es de 0,05813; esto significa que los datos que se encuentran dentro de la curva de la distribución normal varían en promedio de más y menos el valor de 0,05813 partiendo de la media, un sigma ( $\pm 68,3\%$ ), dos sigma ( $\pm 95,4\%$ ), tres sigma ( $\pm 99,7\%$ )

En la ilustración 3-14, se puede observar un resumen del comportamiento de los datos (Azúcares Reductores del Jugo Mixto), antes de la aplicación del bactericida.

La media del promedio de las muestras diarias es de 0,43194. Es igual al porcentaje promedio de azúcares reductores del jugo mixto.

La desviación estándar es de 0,05675; esto significa que los datos que se encuentran dentro de la curva de la distribución normal tienden a diferenciarse en promedio de más y menos el valor de 0,05675 partiendo de la media, un sigma ( $\pm 68,3\%$ ), dos sigma ( $\pm 95,4\%$ ), tres sigma ( $\pm 99,7\%$ )

Ilustración 3-13, Resumen de datos (ARJP), antes del bactericida.

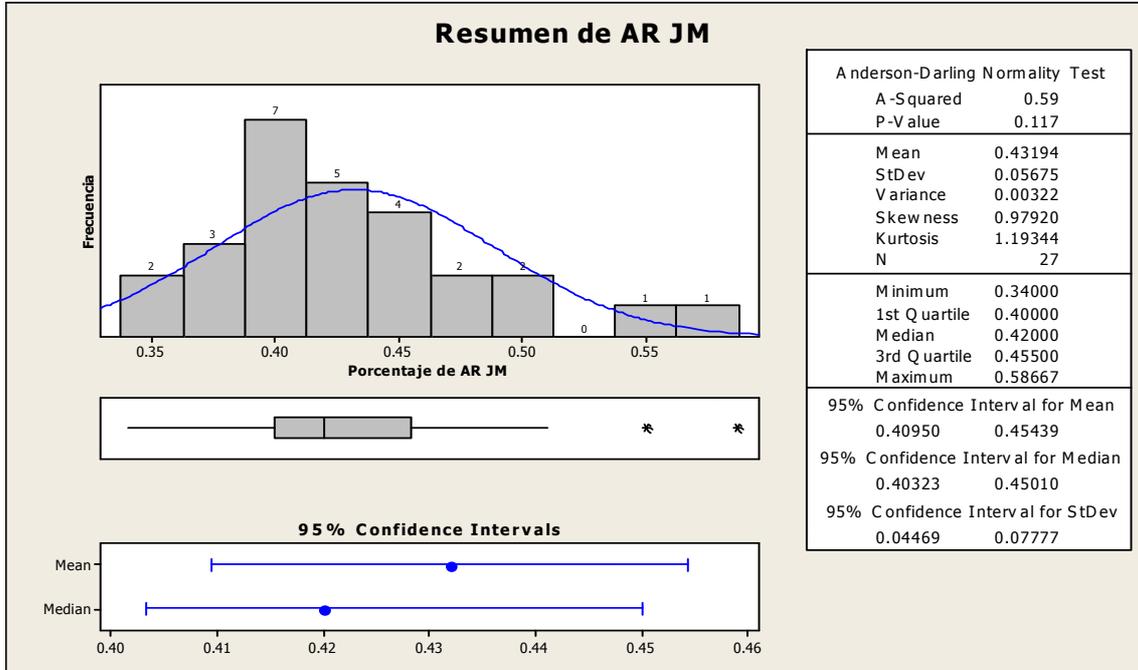


Elaborado por Christian Amador.

La ilustración 3-15, indica cómo están distribuidos los datos, comparándolos unos con otros antes de la aplicación del bactericida. Los datos que pertenecen a los azúcares reductores del jugo primario, se encuentran ubicados con una tendencia hacia la izquierda, esto se debe a que existe un bajo porcentaje de azúcares reductores, en cambio, los datos que pertenecen a los azúcares

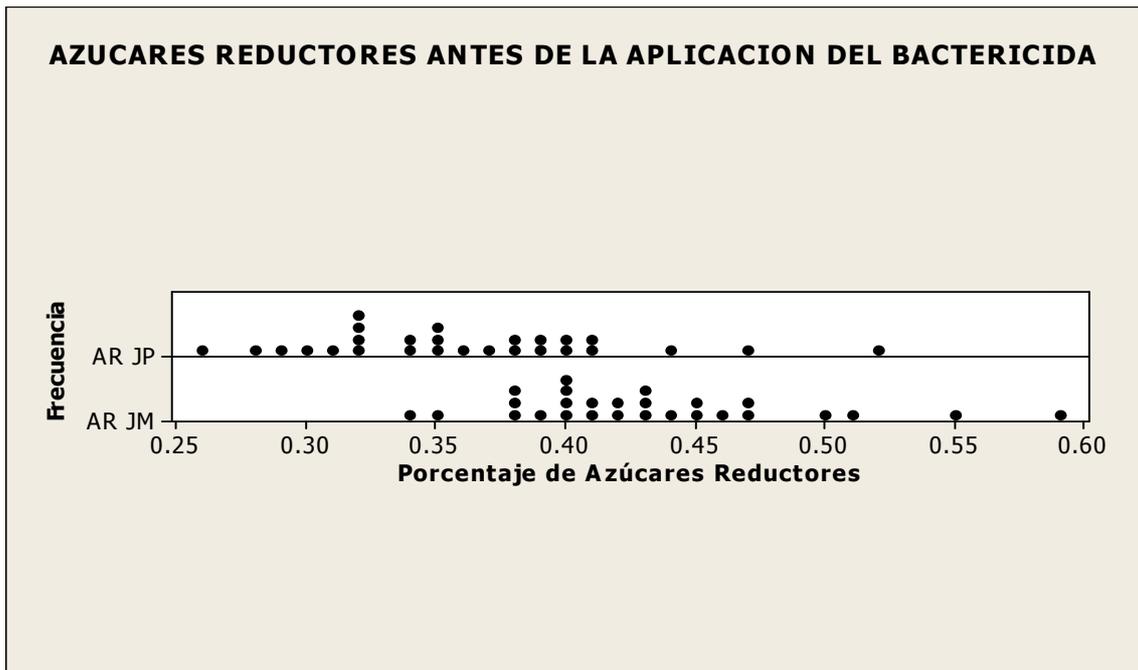
reductores del jugo mixto, se encuentran ubicados con una tendencia hacia la derecha, esto se debe a que la sacarosa se ha hidrolizado en glucosa y fructosa, en mayor porcentaje que en el jugo primario.

Ilustración 3-14, Resumen de datos (ARJM), antes del bactericida.



Elaborado por Christian Amador.

Ilustración 3-15, Comparación de ARJP y ARJM, antes del bactericida.



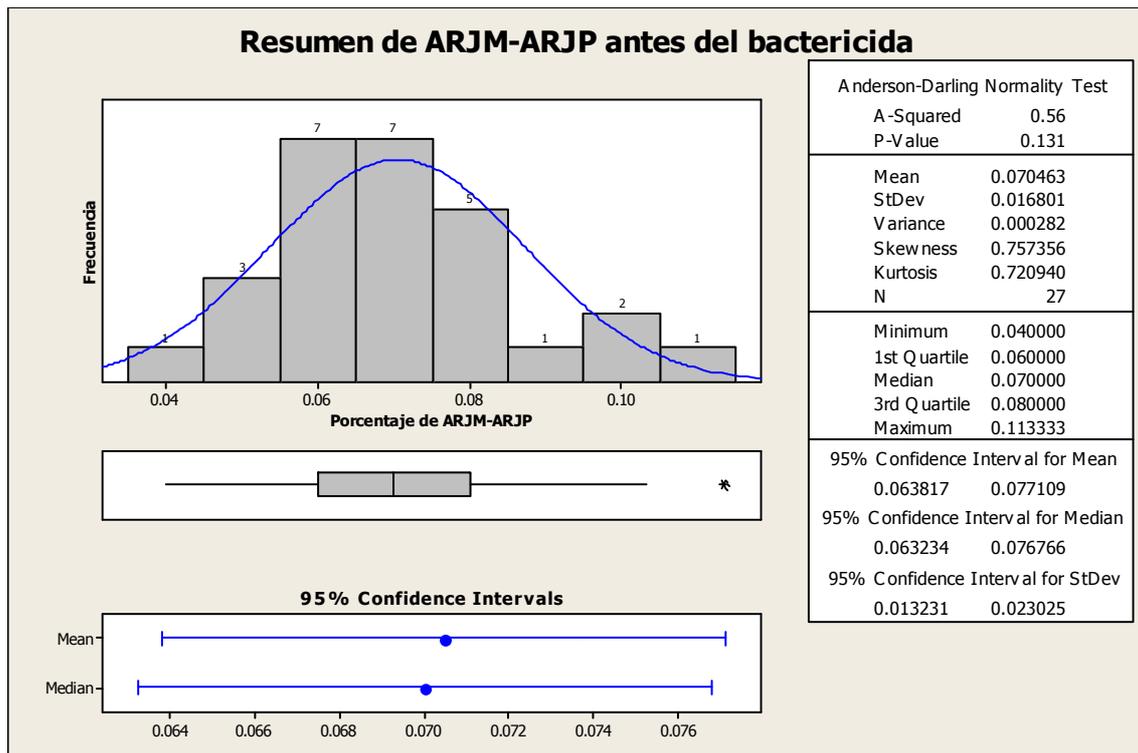
Elaborado por Christian Amador.

En la ilustración 3-16, se observa cómo se distribuyen los datos de la variación entre los azúcares reductores del jugo primario y los azúcares reductores del jugo mixto, antes de la aplicación del bactericida.

La media del promedio de las muestras diarias es de 0,070463. Es igual al porcentaje promedio de la variación de los azúcares reductores entre el jugo primario y el jugo mixto.

La desviación estándar es de 0,016801; esto significa que los datos que se encuentran dentro de la curva de la distribución normal varían en promedio de más y menos el valor de 0,016801 partiendo de la media, un sigma ( $\pm 68,3\%$ ), dos sigma ( $\pm 95,4\%$ ), tres sigma ( $\pm 99,7\%$ )

**Ilustración 3-16, Resumen de la Variación entre ARJM y ARJP, antes del bactericida.**

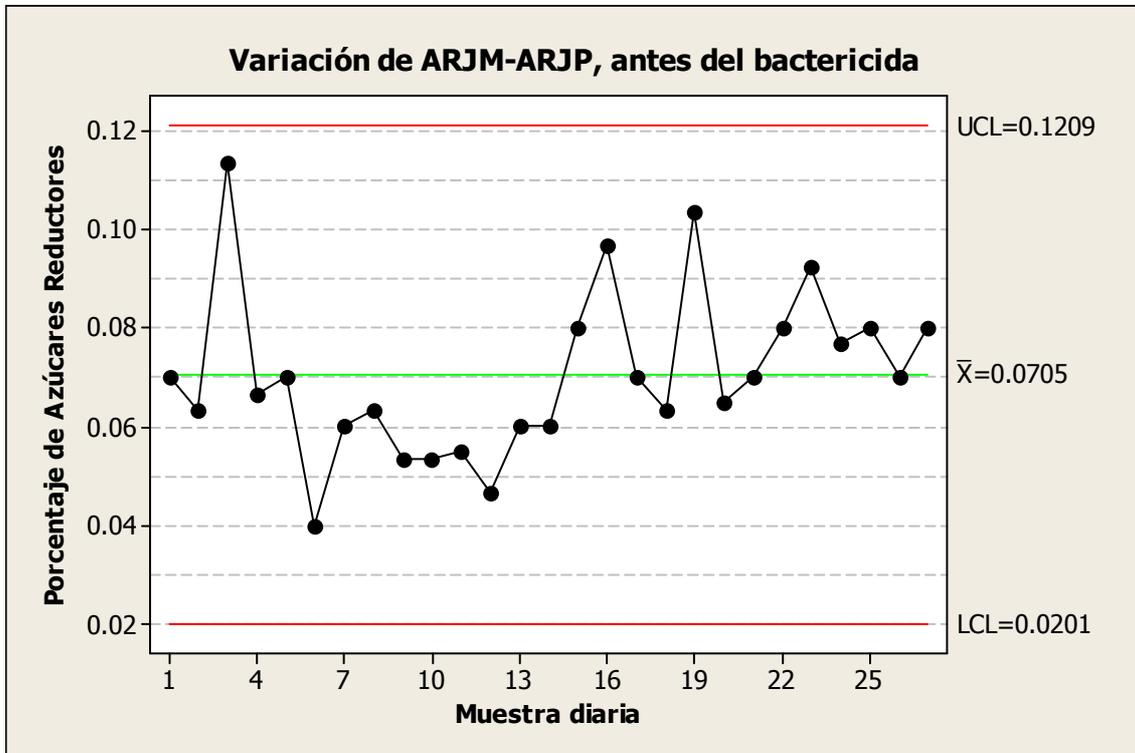


Elaborado por Christian Amador

En la ilustración 3-17, el límite superior, se encuentra a 3 desviaciones estándar de la media, no existe límite inferior (aunque conste en la ilustración)

debido a que mientras los datos estén próximos a cero, menos será la variación, por lo tanto menores serán las pérdidas de sacarosa.

Ilustración 3-17, Variación de ARJM-ARJP, antes del bactericida.



Elaborado por Christian Amador.

### 3.1.4.7 Confirmar el objetivo del proyecto de mejora

Como uno de los objetivos de este proyecto es reducir la diferencia que existe entre la media de los ARJP Y ARJM, se toma como indicador de esto a la media de cada una de las curvas, así mientras menor sea la diferencia entre las medias, mayor efectividad tendrá el proyecto. Esto se debe a que los azúcares reductores incrementan desde el jugo primario hasta el jugo mixto. Éste incremento de azúcares reductores se debe a la hidrólisis de la sacarosa en glucosa y fructosa. Aplicando el bactericida y fungicida se evita que los azúcares reductores se incrementen, por lo tanto, para medir la efectividad del proyecto, se compara el porcentaje promedio de azúcares reductores del jugo primario con el porcentaje promedio de azúcares reductores del jugo mixto. Si los porcentajes promedio de azúcares reductores entre el jugo primario y el

jugo mixto no variasen, no existirían pérdidas de sacarosa, pero si variasen demasiado, existirían muchas pérdidas de sacarosa.

En la ilustración 3-18, se puede comparar la diferencia entre las medias de ARJP Y ARJM. Esta diferencia ocasiona pérdidas de sacarosa y estas pérdidas de sacarosa generan una disminución en el rendimiento en la obtención de sacos de azúcar de 50 kg.

También se realizó el análisis de medias para determinar si las poblaciones de la medias de ARJP y ARJM son iguales, con una confianza del 95% y un p-value igual a 0,05.

Hipótesis nula ( $h_0$ ): La media de ARJP es igual a la media de ARJM.

Hipótesis alternativa ( $h_1$ ): La media de ARJP no es igual a la media de ARJM.

Mientras menor es el "P-value", mayor es la posibilidad de rechazar la hipótesis nula.

A continuación se detalla el resultado del análisis:

Two-sample T for AR JP vs AR JM

	N	Mean	StDev	SE Mean
AR JP	27	0.3615	0.0581	0.011
AR JM	27	0.4319	0.0567	0.011

Difference = mu (AR JP) - mu (AR JM)

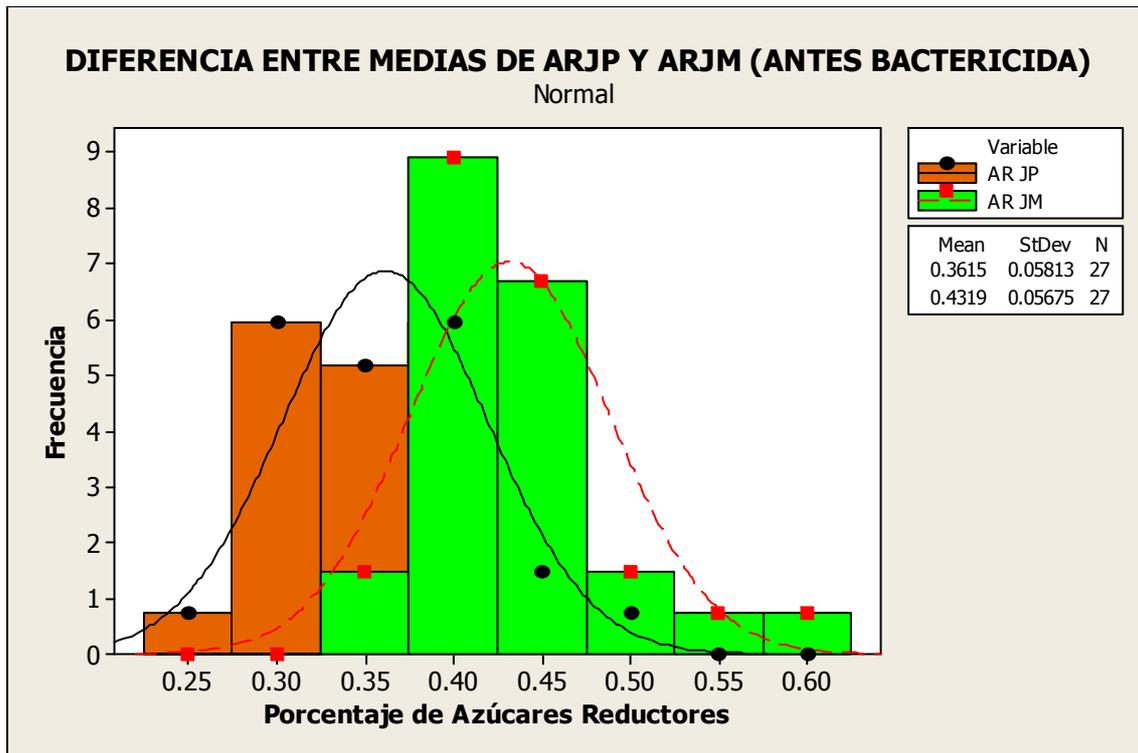
Estimate for difference: -0.0705

95% CI for difference: (-0.1019, -0.0391)

T-Test of difference = 0 (vs not =): P-Value = 0.000 DF = 51

Para rechazar por completo la hipótesis nula, el p-value tiene que ser menor o igual a 0,05. En este caso, el p-value es igual a cero, por lo tanto, se rechaza el hecho de que la media de ARJP es igual a la media de ARJM y se acepta la hipótesis alternativa ( $h_1$ ), las medias son distintas, por lo tanto se evidencia que existe una diferencia entre la media de ARJP y la media de ARJM.

Ilustración 3-18, Diferencia entre las medias de ARJP y ARJM, antes del bactericida.



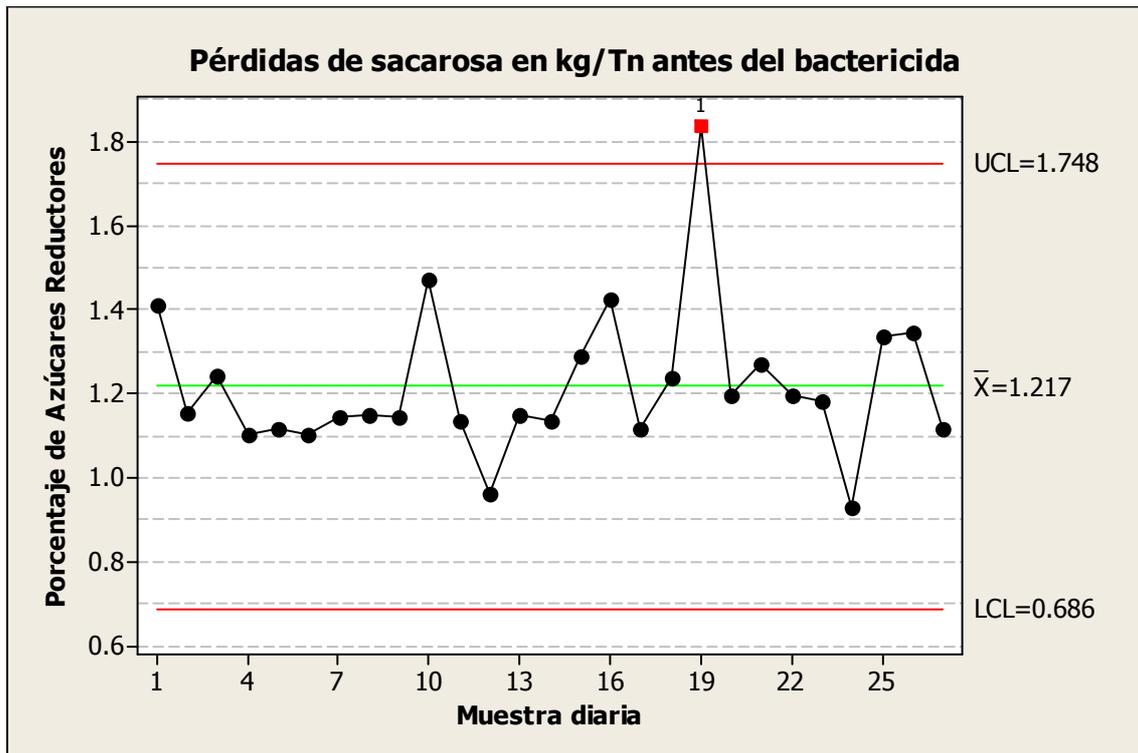
Elaborado por Christian Amador.

En la ilustración 3-19, se observa que la muestra #19 está por fuera de los límites, la causa principal es la variación de los azúcares reductores y el bajo porcentaje de brix existente en el jugo.

De igual manera que con la ilustración 3-17, de variación entre los azúcares reductores del jugo primario y del jugo mixto, no existe límite inferior (aunque esté presente en la ilustración), debido a que mientras estos valores se encuentren más cercanos al cero, menor serán las pérdidas de kilogramos de sacarosa por tonelada de caña molida.

La media de las muestras diarias indica que en el proceso se pierden 1,217 kilogramos de sacarosa por tonelada de caña molida antes de la aplicación del bactericida.

Ilustración 3-19, Pérdidas de sacarosa en kg/Tn, antes del bactericida.



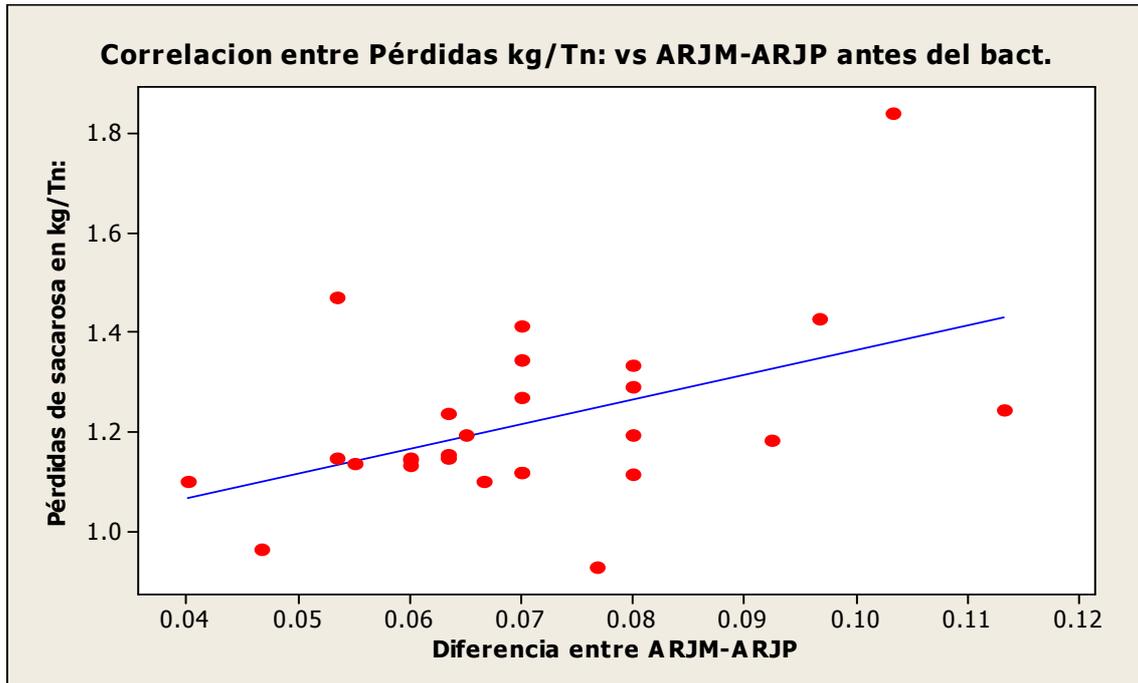
### 3.1.5 FASE ANALYSE

En la ilustración 3-20, se puede observar que existe una correlación positiva entre la diferencia de azúcares reductores del jugo primario y mixto y las pérdidas en kilogramos de sacarosa por tonelada de caña molida. Sin embargo, se puede decir que mientras mayor sea la diferencia entre los azúcares reductores del jugo primario y jugo mixto, mayores serán las pérdidas de kilogramos de sacarosa. El coeficiente de correlación es de 0,471.

**Correlations: Pérdidas kg/Tn:, ARJM-ARJP**

Pearson correlation of Pérdidas kg/Tn: and ARJM-ARJP = 0.471

Ilustración 3-20, Correlación de datos entre Pérdidas kg/Tn vs. Variación ARJM-ARJP, antes del bactericida.



Elaborado por Christian Amador.

### 3.1.5.1 Identificar causas potenciales

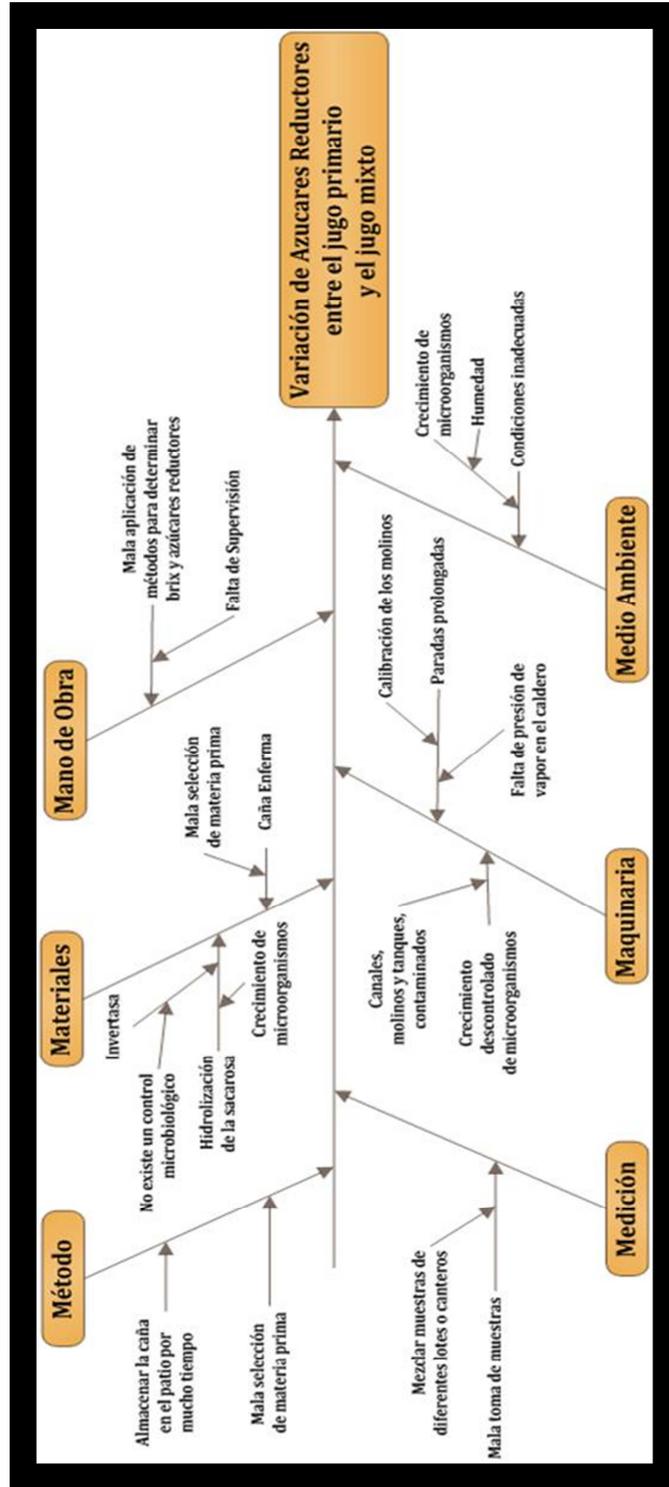
Las causas potenciales de la variación o diferencia de los azúcares reductores del jugo primario y del jugo mixto se detallan en el diagrama de Causa y Efecto de la ilustración 3-21.

### 3.1.5.2 Seleccionar las causas primarias

Las causas primarias son seleccionadas partiendo de una matriz de análisis de fallas potenciales, tomando como base las actividades del diagrama SIPOC.

Para cada actividad, se selecciona el o los problemas potenciales y sus efectos, para luego determinar el índice de severidad (S), Tabla 3-4.

Ilustración 3-21, Diagrama Causa y Efecto de la variación entre ARJP y ARJM.



Elaborado por Christian Amador.

Tabla 3-4, Índice de Severidad

Índice de Severidad (S)	
S	Descripción
1	Sin gravedad
2	Alguna gravedad
3	Grave
4	Muy grave
5	Extremadamente grave

Fuente<sup>21</sup>

Para cada Problema potencial, se selecciona su causa potencial y su índice de ocurrencia (O). Tabla 3-5.

Tabla 3-5, Índice de Ocurrencia

Índice de Ocurrencia (O)	
O	Descripción
1	Altamente improbable
2	Poco probable
3	Probable
4	Muy Probable
5	Ocurrencia Prácticamente cierta

Fuente<sup>22</sup>

Para calcular el índice de riesgo (R), se multiplica el índice de severidad (S) y el índice de ocurrencia (O). ( $R = S \times O$ ).

Para finalizar, se identifica las acciones preventivas para mejorar la calidad o confiabilidad del proceso.

En la tabla 3-6, se identifica que la falta de un control microbiológico es una causa potencial de alto riesgo en la actividad de extracción de jugo y filtración.

<sup>21</sup> Qualiplus, Formación de Especialistas Six Sigma, Green Belt, Eduardo C. de Moura

<sup>22</sup> Qualiplus, Formación de Especialistas Six Sigma, Green Belt, Eduardo C. de Moura

Tabla 3-6, de Análisis de fallas potenciales

#	ACTIVIDAD	PROBLEMA POTENCIAL Y EFECTO	SEVERIDAD (S)	CAUSA POTENCIAL	OCURRENCIA (O)	RIESGO (S X O)	ACCIÓN PREVENTIVA
1	Recepción de Materia Prima	La mala selección de materia prima, produce un bajo rendimiento en todo el proceso	5	Mala toma de muestras	2	10	Capacitar y supervisar al personal
2	Almacenamiento en el patio	Almacenar la caña por mucho tiempo, produce crecimiento de microorganismos y pérdidas de	4	Paradas no programadas en el proceso	3	12	Mejorar el mantenimiento del caldero, o a su vez, adquirir nueva maquinaria.
3	Extracción de jugo y filtración	Canales, molinos y tanques contaminados producen crecimiento de microorganismos	4	Falta de un control microbiológico	5	20	Idear un método para controlar el crecimiento microbiológico
4	Control de Calidad	Indicadores fuera de la realidad, generan falsos resultados	5	Mala aplicación de métodos para determinar brix y azúcares reductores	3	15	Capacitar y supervisar al personal.

Elaborado por Christian Amador

## 4 CAPÍTULO IV

### 4.1 SITUACIÓN DEL PROCESO DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DEL BACTERICIDA

#### 4.1.1 FASE IMPROVE

##### 4.1.1.1 Generar soluciones

Para evitar que las causas responsables de la variación entre los niveles de azúcares reductores del jugo primario y jugo mixto ocurran, se aplicó un bactericida y fungicida (Procide BC800 30H), como indica la hoja técnica (Anexo 9), entre el jugo que sale del primer molino y el último molino, mediante dos bombas dosificadoras (Pulsafeeder, Chem-Tech Series 100), colocadas como indica la figura E del manual (Anexo 10), la dosificación es constante de 18 ppm (Anexo 9). En la ilustración 4-1 se observa el diagrama SIPOC detallado del proceso de la molienda después de la aplicación del bactericida.

Para obtener la cantidad de bactericida dosificada se utilizaron los siguientes datos:

Densidad del agua	1.00 g/ml
Densidad del jugo de caña	1.04 g/ml

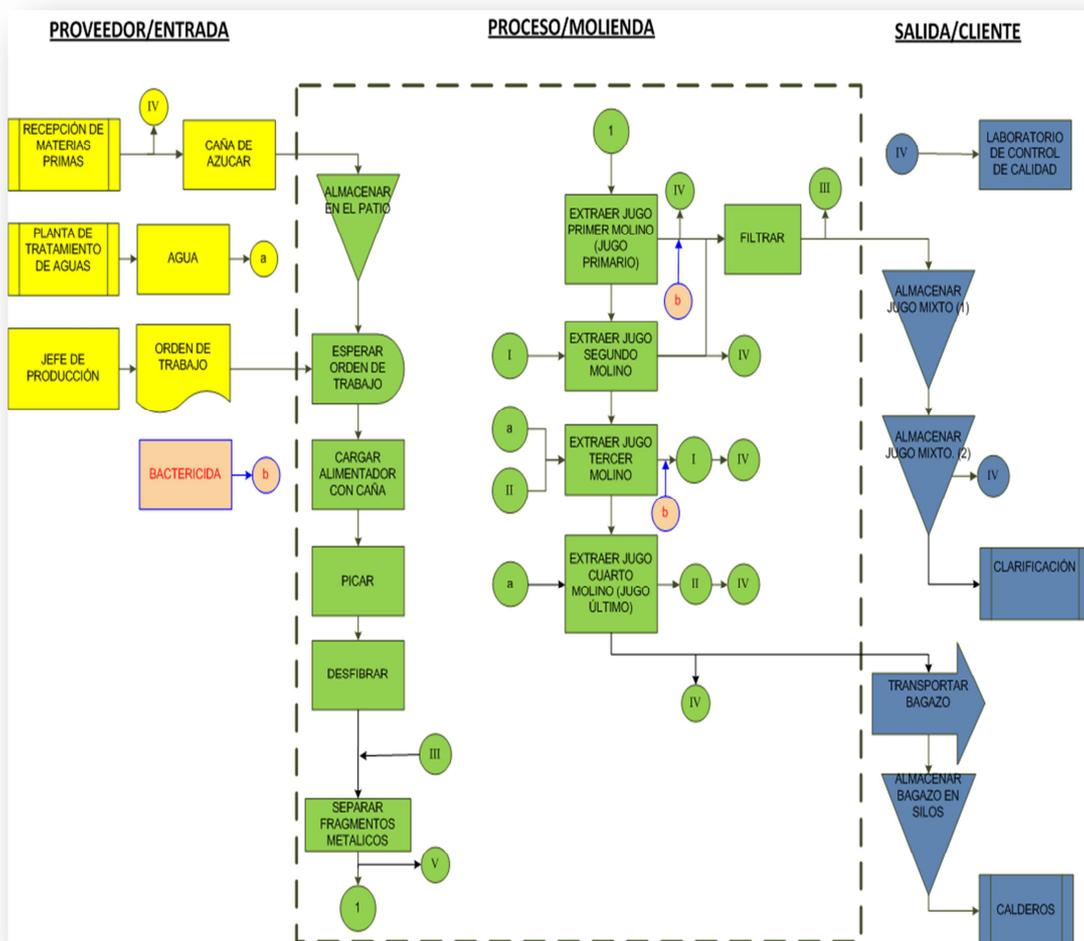
Densidad = Masa / Volumen

La molienda promedio diaria es de unas 830 toneladas, las cuales contienen un promedio del 50% de jugo, por lo tanto se tiene 415 toneladas de jugo, lo que es igual a 399038.46 litros de jugo. Esto más el agua de maceración mixta (5% aproximadamente) da un aproximado de 418990.38 litros de jugo o 110697.59 galones americanos. Así se tiene que las 18 partes por millón que serán dosificadas equivalen a 7.54 litros o 1.99 galones americanos.

$$\begin{array}{rcl} 418990.38 \text{ litros} & \text{-----} > & 1000000 \\ X & \text{-----} > & 18 \end{array}$$

X es igual a 7.54 litros o 1.99 galones americanos. Por lo tanto 2 galones serán dosificados.

**Ilustración 4-1, Diagrama SIPOC detallado del proceso, después de la aplicación del bactericida.**



Elaborado por Christian Amador

Las dos bombas serán programadas para entregar 2 galones de bactericida por día, la bomba 1, ubicada a la salida del primer molino (menor recorrido del jugo a través de las tuberías y contenedores) entrega un 25% del bactericida; es decir, 0.50 galones americanos por día, la bomba 2, ubicada en la salida del

tercer molino (mayor recorrido del jugo a través de las tuberías, mazas del molino y contenedores) entrega el 75% del bactericida; es decir 1,50 galones de bactericida por día.

Conjuntamente la bomba 1 y 2, entregan 2 galones equivalentes a las 18 ppm, recomendadas por el proveedor del bactericida y fungicida Procide 800 30H.

Sin embargo no se consume todo el bactericida, esto es debido a paradas en la molienda. El consumo promedio de bactericida es de 40 kg por semana, lo que es igual a 9.61 galones americanos por semana. Al día se consumen 1,37 galones americanos ó 5,20 litros de bactericida.

#### 4.1.1.2 Validar la Solución

Luego de haber tomado las muestras y anotado los resultados, se obtuvo la información de la tabla 4-1:

**Tabla 4-1, Situación del proceso, después de la aplicación del bactericida.**

Fecha:	Molienda Tn:	BRIX JP	AR JP	BRIX JM	AR JM	Pérdidas kg/Tn:	PT Sacos de 50Kg:	AR JM - ARJP
9-Mar-09	936.87	19.68	0.38	17.12	0.41	0.740559	13.88	0.03
10-Mar-09	971.32	19.07	0.41	16.89	0.47	0.958331	18.62	0.06
11-Mar-09	1160.87	19.75	0.32	17.19	0.38	0.943770	21.91	0.06
12-Mar-09	958.46	19.89	0.32	17.07	0.36	0.786962	15.09	0.04
13-Mar-09	1038.49	19.53	0.34	16.87	0.41	1.128931	23.45	0.07
14-Mar-09	945.18	18.22	0.40	15.62	0.42	0.759936	14.37	0.02
15-Mar-09	514.03	16.80	0.37	13.97	0.44	1.296941	13.33	0.07
16-Mar-09	462.92	17.38	0.39	15.12	0.46	1.130866	10.47	0.07
17-Mar-09	1134.32	17.71	0.38	14.76	0.42	1.001992	22.73	0.04
18-Mar-09	1018.75	16.19	0.34	14.20	0.38	0.693180	14.12	0.03
19-Mar-09	973.44	16.16	0.38	13.33	0.45	1.351588	26.31	0.07
20-Mar-09	978.5	15.14	0.51	13.06	0.54	0.901430	17.64	0.03
21-Mar-09	954.08	15.08	0.53	13.68	0.60	1.128052	21.53	0.08
22-Mar-09	974.14	16.97	0.48	15.17	0.51	0.737691	14.37	0.03
23-Mar-09	848.18	18.62	0.42	15.78	0.45	0.904557	15.34	0.03
24-Mar-09	966.64	18.55	0.37	15.67	0.40	0.875817	16.93	0.03
25-Mar-09	850.43	18.52	0.49	15.52	0.52	0.987907	16.80	0.02
26-Mar-09	801.43	18.55	0.41	15.82	0.46	1.095201	17.55	0.05
27-Mar-09	1090.41	18.25	0.31	15.76	0.36	0.803494	17.52	0.04
28-Mar-09	813.52	18.12	0.42	15.85	0.51	1.301618	21.18	0.09
30-Mar-09	337.92	18.32	0.40	15.59	0.45	1.049724	7.09	0.05
31-Mar-09	987.63	18.23	0.44	16.12	0.49	0.953264	18.83	0.05
1-Apr-09	835.69	18.56	0.36	16.22	0.42	1.009990	16.88	0.06
2-Apr-09	840.67	19.18	0.32	16.42	0.39	1.131933	19.03	0.07
3-Apr-09	823.65	18.14	0.34	16.06	0.38	0.729745	12.02	0.04

Elaborado por Christian Amador

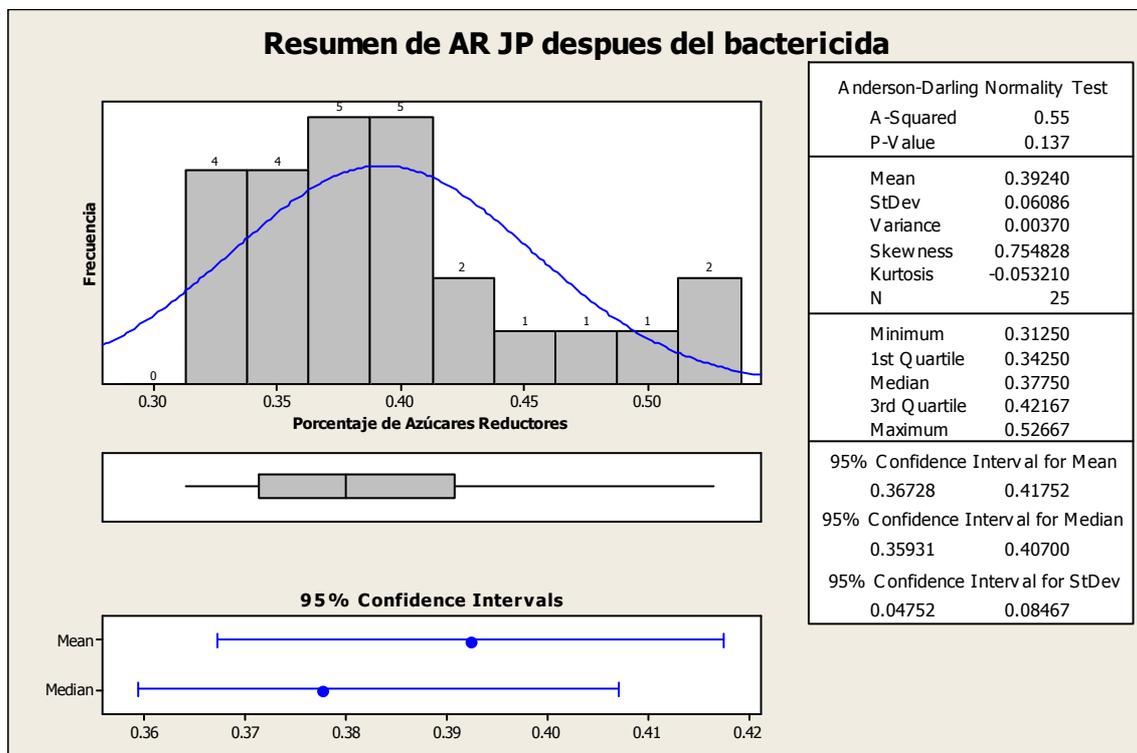
Nota: En algunos días no se tomaron muestras debido a una parada de la fábrica para mantenimiento.

En la ilustración 4-2 se puede observar un resumen del comportamiento de los datos (Azúcares Reductores del Jugo Primario), después de la aplicación del bactericida.

La media del promedio de las muestras diarias es de 0,39240. Es igual al porcentaje promedio de azúcares reductores del jugo primario.

La desviación estándar es de 0,06086; esto significa que los datos que se encuentran dentro de la curva de la distribución normal varían en promedio de más y menos el valor de 0,06086 partiendo de la media, un sigma ( $\pm 68,3\%$ ), dos sigma ( $\pm 95,4\%$ ), tres sigma ( $\pm 99,7\%$ )

Ilustración 4-2, Resumen de datos (ARJP), después del bactericida.



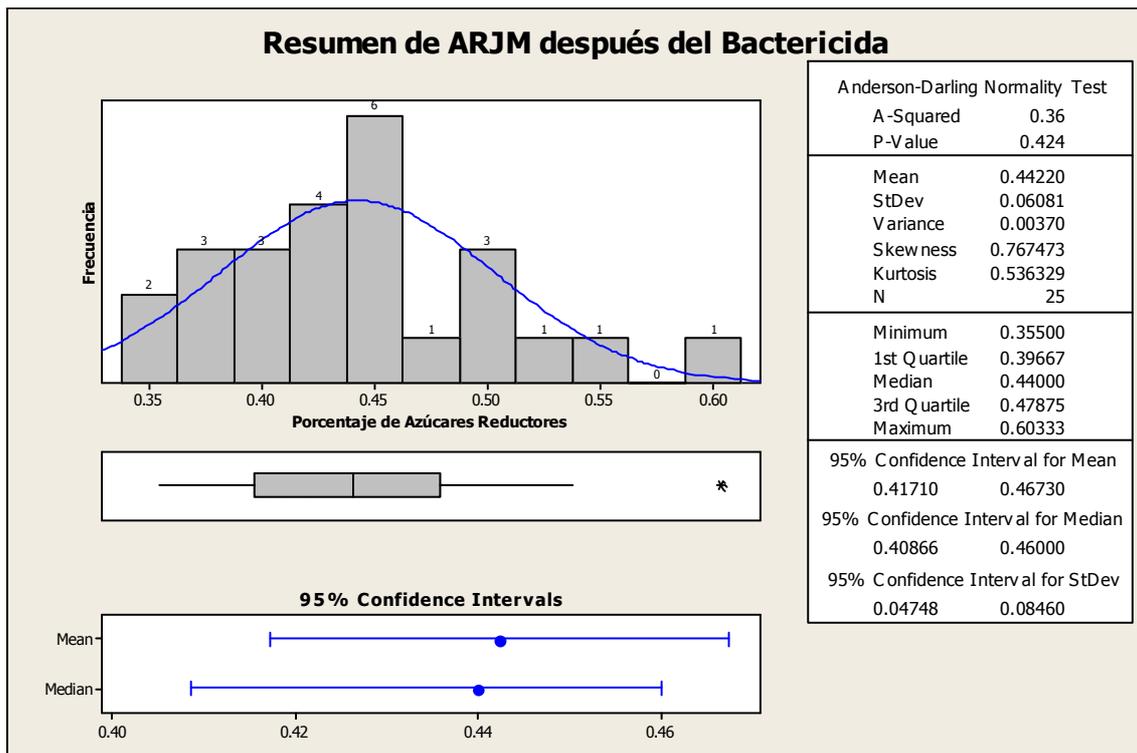
Elaborado por Christian Amador.

En la ilustración 4-3 se puede observar un resumen del comportamiento de los datos (Azúcares Reductores del Jugo Mixto), después de la aplicación del bactericida.

La media del promedio de las muestras diarias es de 0,44220. Es igual al porcentaje promedio de azúcares reductores del jugo mixto.

La desviación estándar es de 0,06081; esto significa que los datos que se encuentran dentro de la curva de la distribución normal varían en promedio de más y menos el valor de 0,06081 partiendo de la media, un sigma ( $\pm 68,3\%$ ), dos sigma ( $\pm 95,4\%$ ), tres sigma ( $\pm 99,7\%$ )

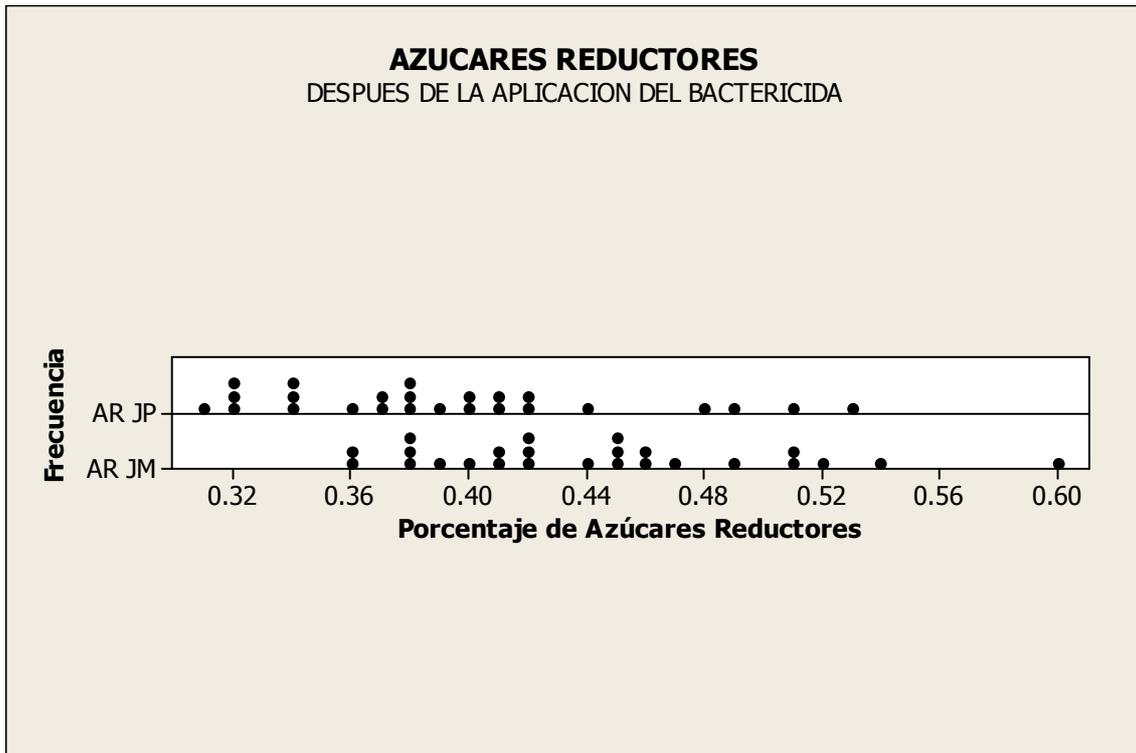
Ilustración 4-3, Resumen de datos (ARJM), después del bactericida.



Elaborado por Christian Amador.

La ilustración 4-4 indica cómo están distribuidos los datos, comparándolos unos con otros después de la aplicación del bactericida. A diferencia con los datos anteriores a la aplicación del bactericida aquí los datos de ARJM están menos separados de los datos de ARJP.

Ilustración 4-4, Comparación de ARJP y ARJM, después del bactericida.



Elaborado por Christian Amador.

En la ilustración 4-5 se puede observar que existe una correlación positiva más fuerte, entre la variación de azúcares reductores del jugo primario y mixto y las pérdidas en kilogramos de sacarosa por tonelada de caña molida. Esto se debe a que los niveles de contaminación microbiana se han estabilizado, y con esto también lo han hecho los azúcares reductores. El coeficiente de correlación es de 0,815.

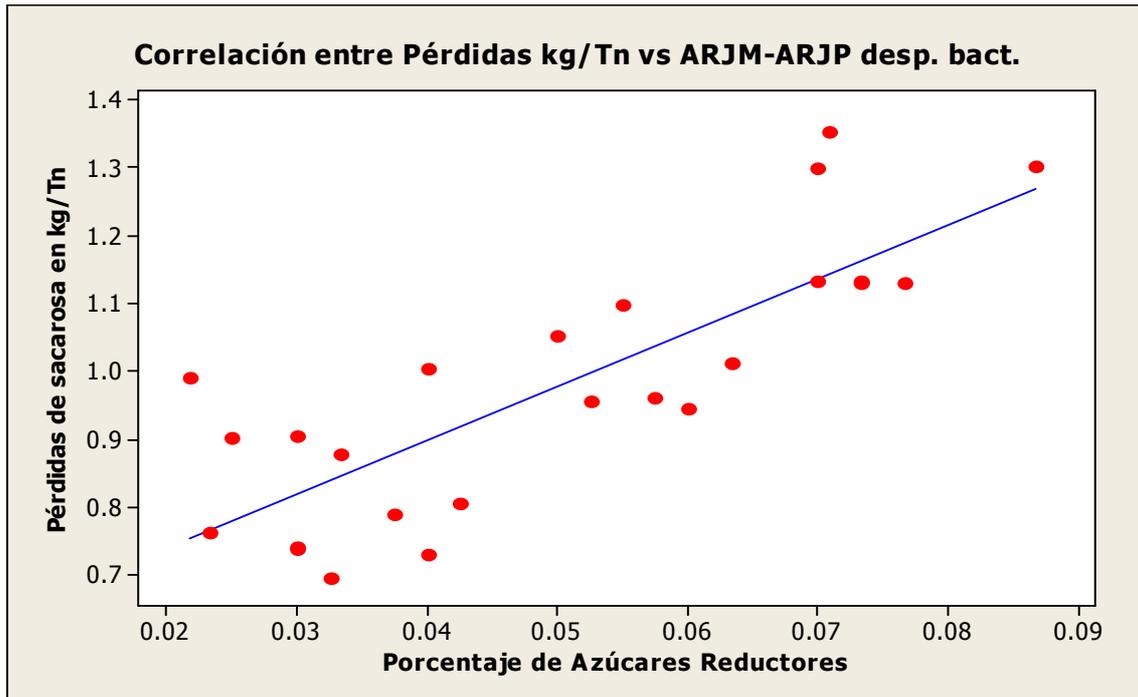
**Correlations: Pérdidas kg/Tn:\_1, ARJM1-ARJP1**

Pearson correlation of Pérdidas kg/Tn:\_1 and ARJM1-ARJP1 = 0.815

En la ilustración 4-6 se observa cómo se distribuyen los datos de la variación entre los azúcares reductores del jugo primario y los azúcares reductores del jugo mixto, después de la aplicación del bactericida. La media del promedio de las muestras diarias es de 0,04980. Es igual al porcentaje promedio de la variación de los azúcares reductores entre el jugo primario y jugo mixto. La

desviación estándar es de 0,019449; esto significa que los datos que se encuentran dentro de la curva de la distribución normal varían en promedio de más y menos el valor de 0,019449 partiendo de la media, un sigma ( $\pm 68,3\%$ ), dos sigma ( $\pm 95,4\%$ ), tres sigma ( $\pm 99,7\%$ )

**Ilustración 4-5, Correlación de datos entre Pérdidas kg/Tn vs. Variación ARJM-ARJP, después del bactericida.**



Elaborado por Christian Amador.

En la ilustración 4-7 se evidencia que el proceso se encuentra más estable dentro de los límites. La media ha disminuido de 0,070463 a 0,049800. Esto en porcentaje es igual a una disminución de la variación entre los azúcares reductores del jugo primario y los azúcares reductores del jugo mixto en un 29,32%.

En la ilustración 4-8 se puede observar que la diferencia entre las medias de ARJP Y ARJM, ha reducido, además la implementación del proyecto aparentemente ha hecho que el proceso sea más estable, si se observa las desviaciones estándar son muy similares. Para tener una idea más clara, se

realizó el diagrama de caja de la ilustración 4-9, para relacionar los valores antes y después de la aplicación del bactericida.

También se realizó el análisis de medias para determinar si las poblaciones de las medias de ARJP y ARJM después de la aplicación del bactericida son iguales, con una confianza del 95% y un p-value igual a 0,05.

Hipótesis nula ( $h_0$ ): La media de ARJP es igual a la media de ARJM.

Hipótesis alternativa ( $h_1$ ): La media de ARJP no es igual a la media de ARJM.

Mientras menor es el "P-value", mayor es la posibilidad de rechazar la hipótesis nula.

A continuación se detalla el resultado del análisis:

Two-sample T for AR JP\_1 vs AR JM\_1

	N	Mean	StDev	SE Mean
AR JP_1	25	0.3924	0.0609	0.012
AR JM_1	25	0.4422	0.0608	0.012

Difference = mu (AR JP\_1) - mu (AR JM\_1)

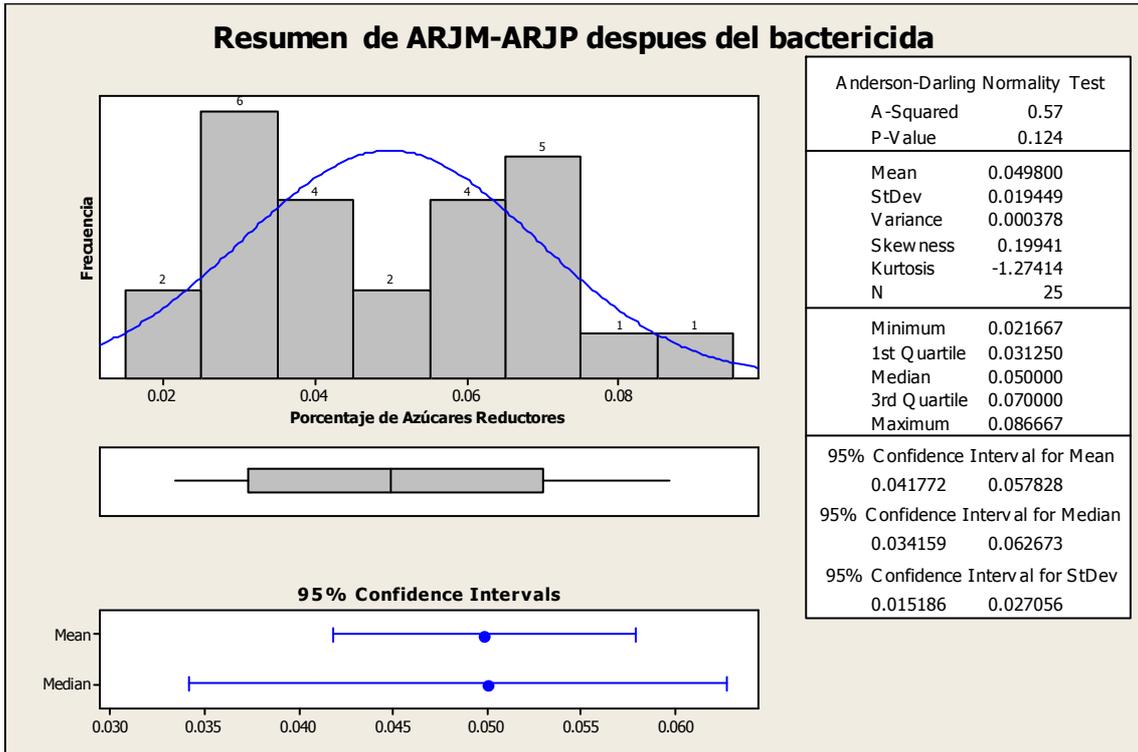
Estimate for difference: -0.0498

95% CI for difference: (-0.0844, -0.0152)

T-Test of difference = 0 (vs not =): P-Value = 0.006 DF = 47

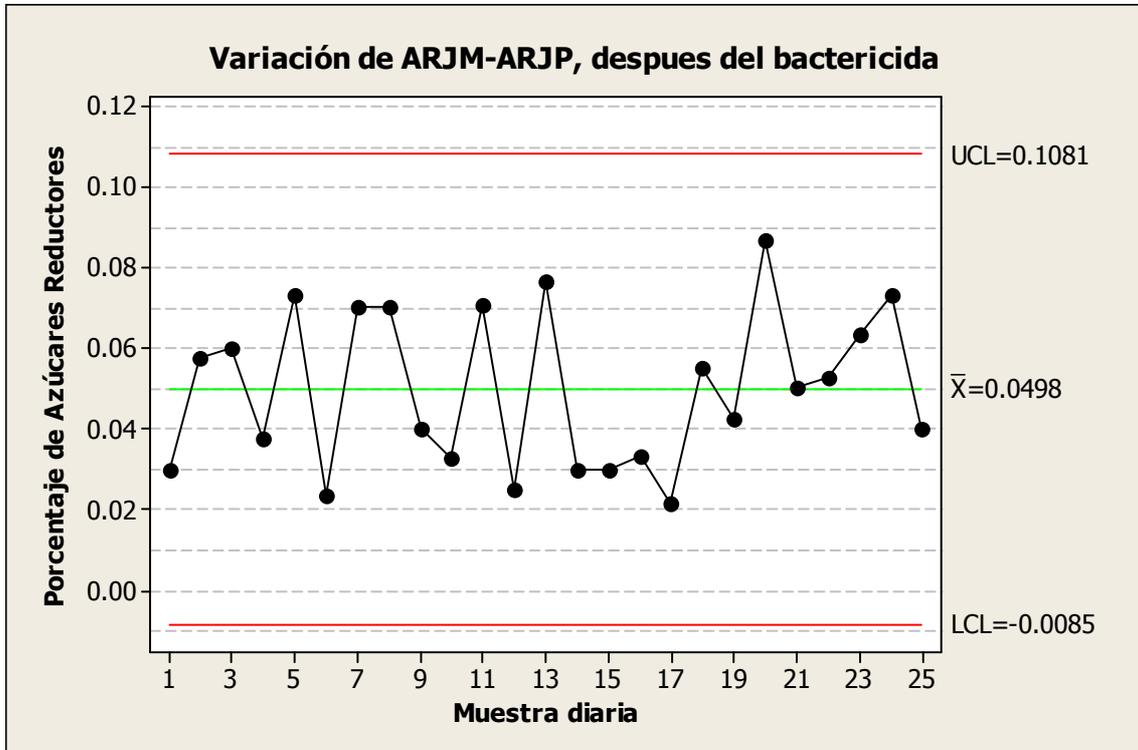
Para rechazar por completo la hipótesis nula, el p-value tiene que ser menor o igual a 0,05. En este caso, el p-value es menor a 0,05 por lo tanto, se rechaza el hecho de que la media de ARJP es igual a la media de ARJM y se acepta la hipótesis alternativa ( $h_1$ ), las medias son distintas, por lo tanto se evidencia que la diferencia entre la media de ARJP y la media de ARJM prevalece, sin embargo más adelante se demuestra que la diferencia entre estas medias a disminuido.

Ilustración 4-6, Resumen de azúcares reductores del jugo primario después del bactericida.



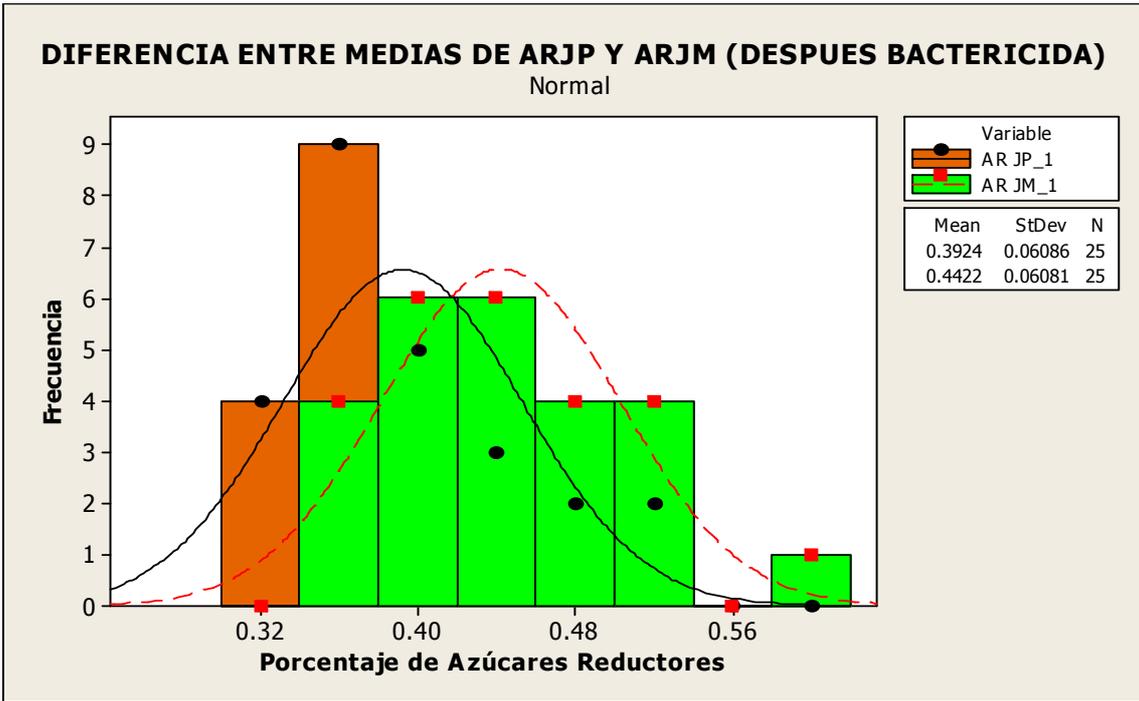
Elaborado por Christian Amador

Ilustración 4-7, Variación de ARJM-ARJP, después del bactericida.



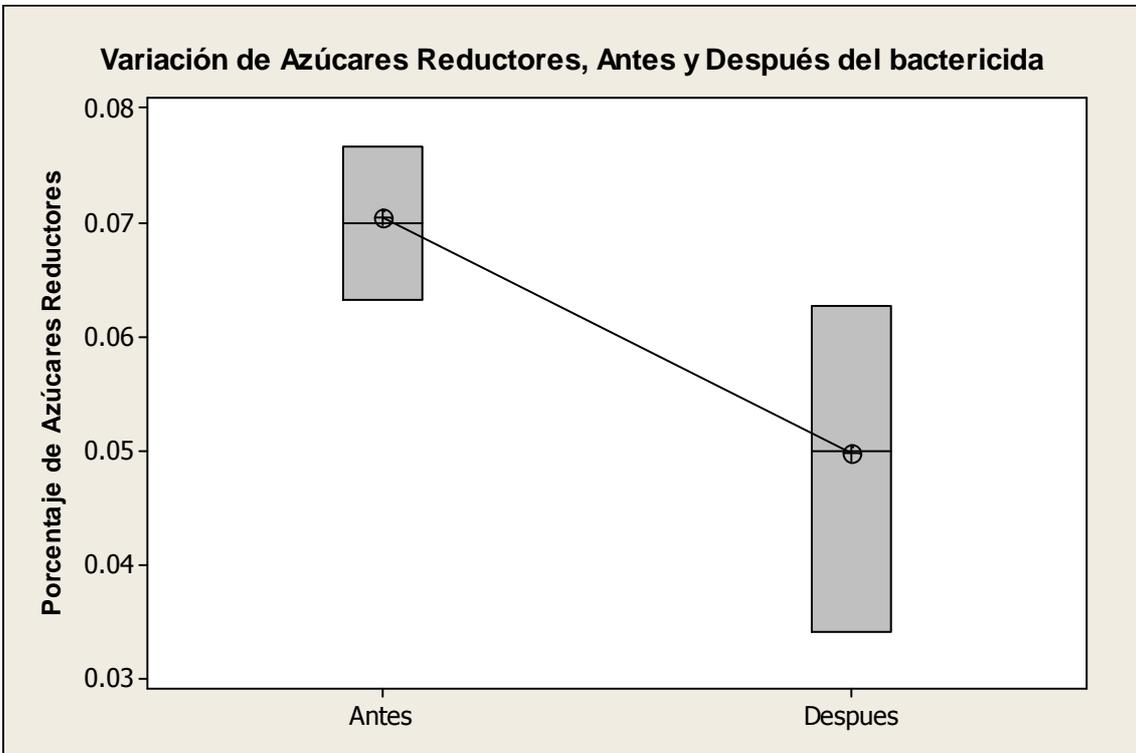
Elaborado por Christian Amador.

Ilustración 4-8, Diferencia entre las medias de ARJP y ARJM, después del bactericida.



Elaborado por Christian Amador.

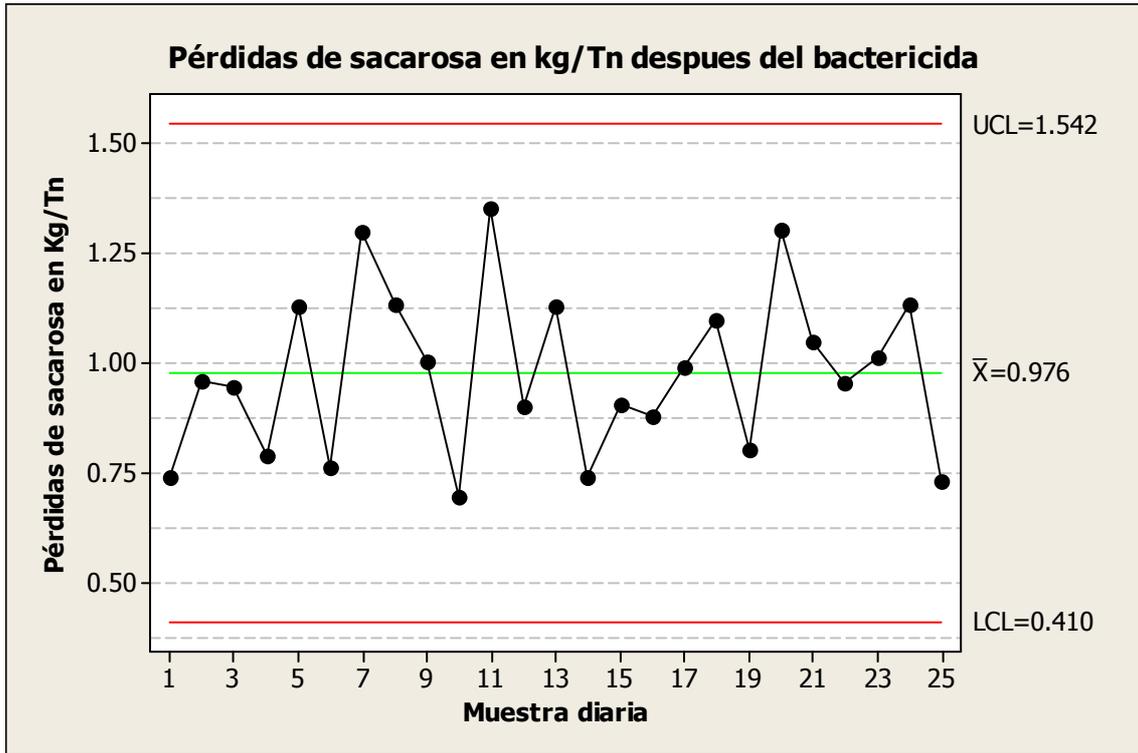
Ilustración 4-9, Diagrama de caja, Variación de AR, antes y después



Elaborado por Christian Amador

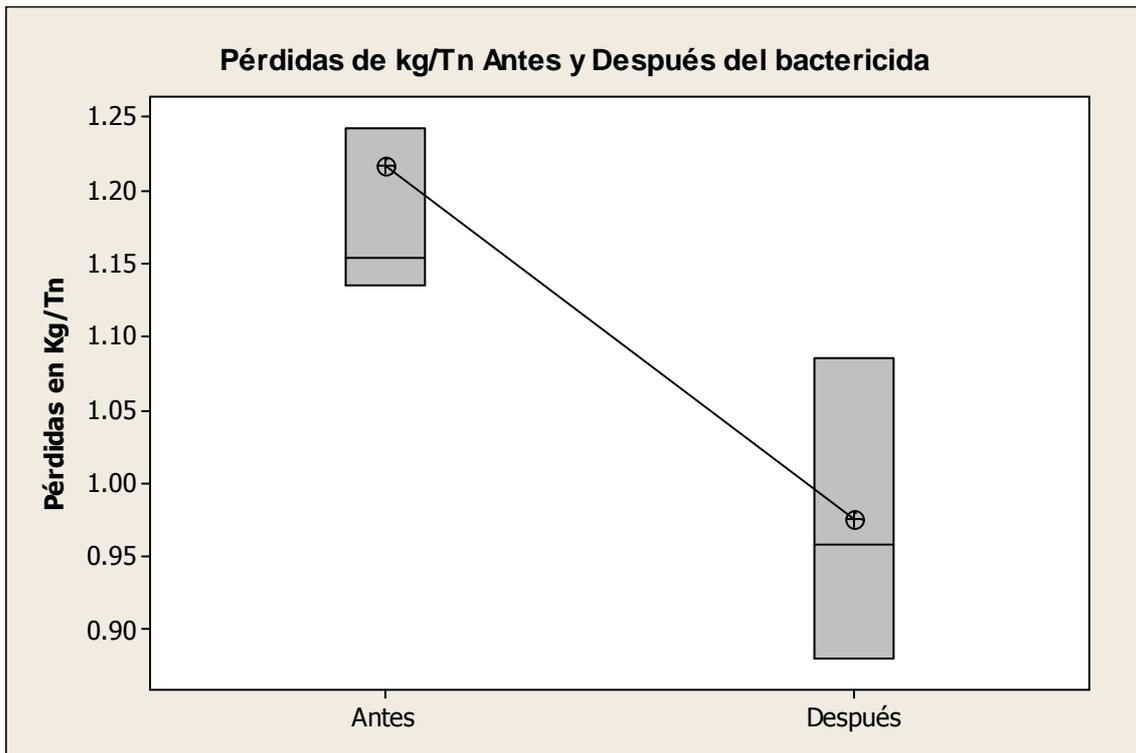
En la ilustración 4-10 se observa que las pérdidas de sacarosa, se han estabilizado y la media es menor que antes de la aplicación del bactericida. Las pérdidas de kilogramos sacarosa por tonelada de caña molida han disminuido en un 19,80%. Para interpretar de una mejor manera, se realizó el diagrama de caja, de la ilustración 4-11, para comparar los resultados de pérdidas de sacarosa antes y después de la aplicación del bactericida.

Ilustración 4-10, Pérdidas de sacarosa en kg/Tn, después del bactericida.



Elaborado por Christian Amador.

Ilustración 4-11, Diagrama de caja, Pérdidas de Kg/Tn, antes y después



Elaborado por Christian Amador

#### 4.1.1.3 MÉTODOS UTILIZADOS PARA MEDIR LA EFECTIVIDAD DEL BACTERICIDA EN CUANTO A FORMACIÓN DE COLONIAS MICROBIANAS.

Para medir la efectividad del bactericida es necesario tomar muestras de los jugos primario y mixto. A estas muestras se realiza un análisis bacteriológico para determinar el número de colonias de bacterias aerobias que se forman en los jugos, desde el contenedor donde se juntan los jugos primario y mixto, hasta el contenedor donde se almacena el jugo mixto. Así se logra comparar los resultados del jugo primario con los resultados del jugo mixto.

Existen diversos métodos para determinar el nivel de contaminación bacteriano en los jugos. En este caso se utiliza el método de control rápido, Hygicult TPC y el método para el recuento de aerobios utilizando Placas Petrifilm.

## Método de Control Rápido Hygicult TPC

Ilustración 4-12, Placa Hygicult TPC



Fuente<sup>23</sup>

Este método permite un control rápido de la higiene microbiológica. El medio de cultivo es el Total Plate Count Agar (TPC), el cual permite que la mayoría de bacterias y mohos crezcan rápidamente.

La forma en la que se aplica el método se detalla a continuación y se presenta en la ilustración 4-13:

- Tomar una muestra del jugo primario.
- Filtrar el jugo, homogenizando el envase.
- Abrir el envase que contiene las láminas de cultivo, ilustración 4-12 y sumergir la lámina en el jugo primario durante 3 o 4 segundos.
- Secar las últimas gotas con un papel absorbente evitando contaminar la lámina y cerrar el envase.

<sup>23</sup>[http://www.oriondiagnostica.com/files/odextra/Hygiene%20testing%20brochures/502-07GB\\_Hygicult\\_Model\\_Chart.pdf](http://www.oriondiagnostica.com/files/odextra/Hygiene%20testing%20brochures/502-07GB_Hygicult_Model_Chart.pdf)

- Repetir el procedimiento para el jugo mixto.

## Incubación

De acuerdo a especificaciones del producto, las láminas de cultivo deben ser incubadas de la siguiente manera:

- A 35 – 37°C durante 24 horas,
- A 27 – 30°C durante 48 horas, o
- A 22°C durante 5 días.

En este caso se incuban las muestras a 35°C durante un día, debido a que las bacterias a cultivar crecen a esta temperatura con facilidad.

## Interpretación de los resultados

Una vez que el tiempo de incubación haya concluido, se procede a sacar las muestras y determinar el conteo microbiano (UFC, recuento de unidades formadoras de colonias), comparando la densidad de crecimiento de las láminas de cultivo con la tabla 4-2.

Tabla 4-2, Placas Hygicult TPC de comparación



Fuente<sup>24</sup>

<sup>24</sup>[http://www.oriondiagnostica.com/files/odextra/Higiene%20testing%20brochures/502-07GB\\_Hygicult\\_Model\\_Chart.pdf](http://www.oriondiagnostica.com/files/odextra/Higiene%20testing%20brochures/502-07GB_Hygicult_Model_Chart.pdf)

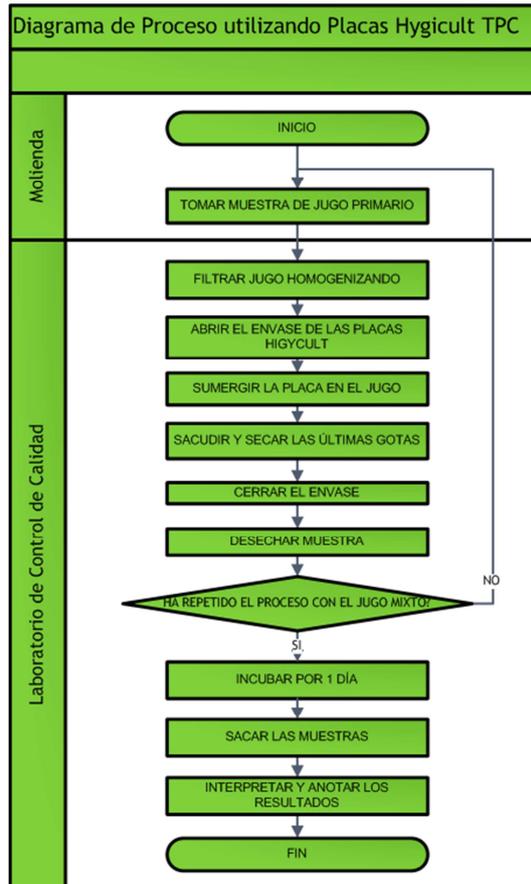
Para determinar el grado de contaminación microbiana en los jugos, se considera los siguientes niveles de aceptación:

- Aceptable <math>< 10^5</math> UFC/ml
- Tolerable <math>10^5 - 10^7</math> UFC/ml
- Pobre > <math>10^7</math> UFC/ml

**Periodos de aplicación del método**

Este método será aplicado los días martes y jueves de cada semana en los jugos primario y mixto, obteniendo así los resultados de las muestras los días miércoles y viernes.

**Ilustración 4-13, Diagrama de proceso, placas hygicult TPC**



Elaborado por Christian Amador

## Método para el recuento de aerobios utilizando Placas Petrifilm

Ilustración 4-14, Placas Petrifilm



Fuente<sup>25</sup>

Este método permite saber el número de colonias de bacterias aerobias que crecen en los jugos primario y mixto.

“Las placas petrifilm para recuento de aerobios son un medio de cultivo listo para ser empleado, que contiene nutrientes del Agar Standard Methods, un agente gelificante soluble en agua fría; y un tinte indicador de color rojo que facilita el recuento de las colonias.”<sup>26</sup>

La forma en la que se aplica del método se detalla a continuación y se presenta en la ilustración 4-15:

1. Antes de proceder a aplicar el método se debe esterilizar la instrumentación de laboratorio utilizando el autoclave por 15 minutos y luego someter los instrumentos de laboratorio a luz ultravioleta por 1 hora.
2. Tomar una muestra de jugo primario en un tubo de ensayo con tapa roscada, hacer lo mismo con el jugo mixto.

<sup>25</sup>[http://solutions.3m.com.ve/wps/portal/3M/es\\_VE/Nuestras\\_Soluciones/Catalogos/Indice/Cuidado\\_Salud/?PC\\_7\\_RJH9U5230GE3E02LECFTDQKVE4\\_nid=8LMTTFBHGZbe2WQDXWHCCRgl](http://solutions.3m.com.ve/wps/portal/3M/es_VE/Nuestras_Soluciones/Catalogos/Indice/Cuidado_Salud/?PC_7_RJH9U5230GE3E02LECFTDQKVE4_nid=8LMTTFBHGZbe2WQDXWHCCRgl)

<sup>26</sup> Guía de Interpretación 3M Placas Petrifilm para el recuento de Aerobios.

3. Realizar todos los procedimientos en el laboratorio de microbiología.

**Preparación de la muestra para cinco placas petrifilm de jugo primario:**

4. Colocar en 5 tubos de ensayo con tapa roscada, 10 ml de agua destilada esterilizada en cada uno de los tubos.
5. Colocar en el primer tubo de ensayo una muestra de 1 ml de jugo primario, utilizando una pipeta, cerrar el tubo y agitar.
6. Utilizando otra pipeta (para evitar contaminación), tomar 1 ml del jugo diluido en el primer tubo de ensayo y lo colocar en el segundo tubo, cerrar y agitar.
7. Utilizando otra pipeta, tomar 1ml del jugo diluido en el segundo tubo de ensayo y colocar en el tercer tubo, cerrar y agitar.
8. Utilizando otra pipeta, tomar 1ml del jugo diluido en el tercer tubo de ensayo y colocar en el cuarto tubo, cerrar y agitar.
9. Utilizando otra pipeta, tomar 1ml del jugo diluido en el cuarto tubo de ensayo y colocar en el quinto tubo, cerrar y agitar.
10. Repetir los pasos del 4 al 9 para la muestra tomada del jugo mixto.

**Inoculación:**

11. Colocar la placa petrifilm, ilustración 4-14, en una superficie plana y levantar la película superior.
12. Con la pipeta del primer tubo de ensayo colocar 1 ml de la muestra del primer tubo de ensayo en el centro de la película cuadrículada inferior.

13. Dejar caer la película superior sin deslizarla hacia abajo.
14. Colocar el dispersor, con el lado rugoso hacia abajo, sobre la película superior, cubriendo completamente la muestra.
15. Presionar el dispersor para distribuir la muestra en el área circular.
16. Levantar el dispersor y esperar aproximadamente 1 minuto para que solidifique el gel antes de manipular.
17. Repetir los pasos del 11 al 16, con todas las muestras de los jugos primario y mixto, utilizando las pipetas respectivas de cada tubo de ensayo.

**Incubación:**

18. Incubar las placas con la cara hacia arriba en la incubadora a 35°C durante 2 días.

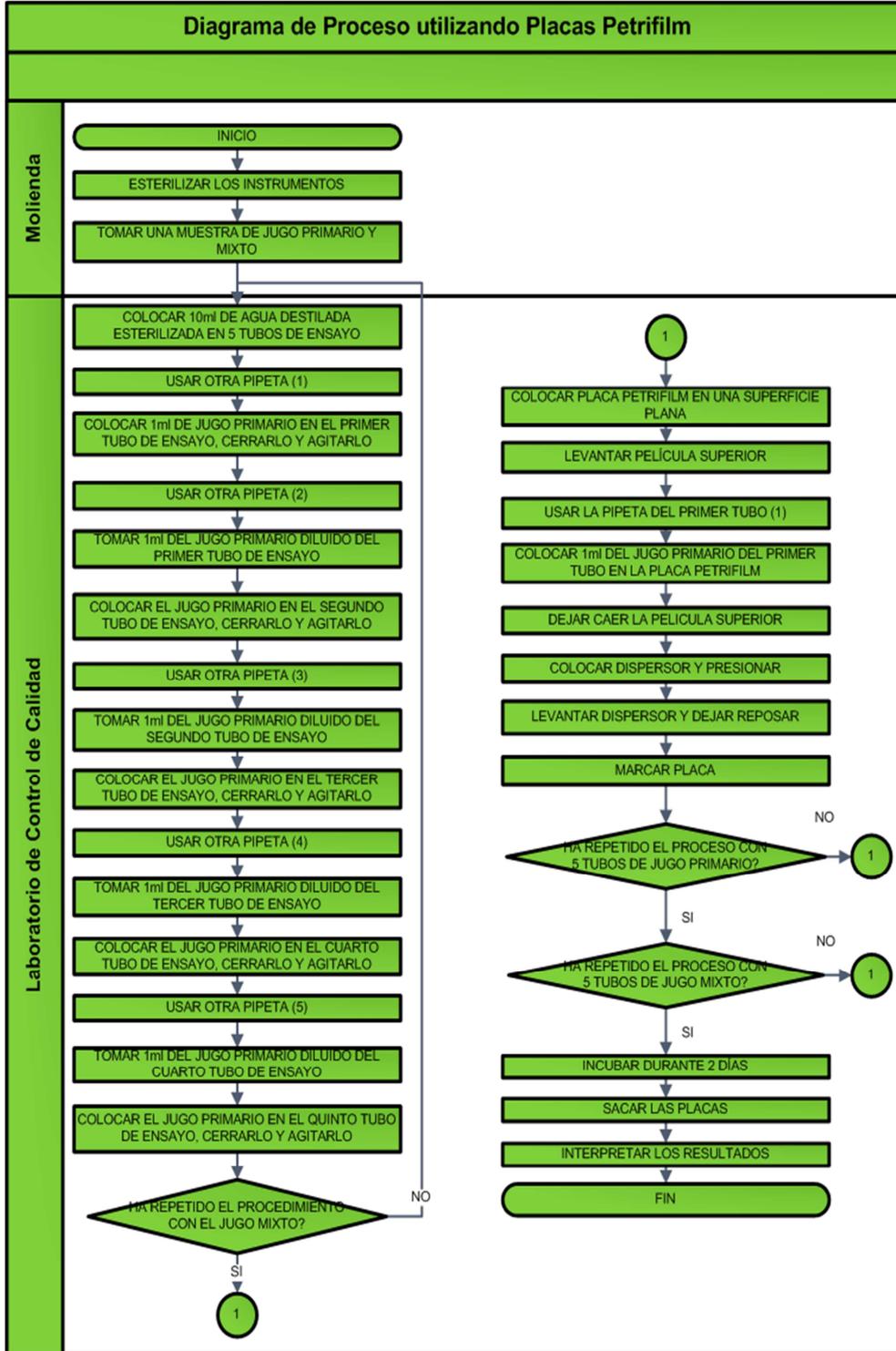
**Interpretación:**

19. Sacar las placas de la incubadora y contar las placas una por una consultado la guía de interpretación para recuento de bacterias aerobias. (Anexo 8).

**Recomendaciones:**

- Etiquetar todos los tubos y placas petrifilm para evitar errores.
- Colocar las pipetas ordenadamente para evitar confusiones y contaminación de los tubos y/o placas.

Ilustración 4-15, Diagrama de proceso, placas petrifilm



Elaborado por Christian Amador

## Periodos de aplicación del método

Este método será realizado todos los miércoles, en orden aleatorio.

### 4.1.1.4 RESULTADOS DEL MONITOREO MICROBIOLÓGICO DE LOS JUGOS PRIMARIO Y MIXTO

Además como una forma de verificación que la aplicación del fungicida y bactericida está dando resultado a nivel microbiológico, se realizó el recuento de aerobios utilizando placas petrifilm y el método de control rápido hygcult tpc.

#### Método de recuento de aerobios utilizando placas petrifilm

Utilizando este método se puede verificar la efectividad del bactericida aplicado, al comparar el recuento de aerobios del jugo primario con el recuento de aerobios del jugo mixto, se observa que el crecimiento de microorganismos no es alarmante y está dentro de lo tolerable. Tabla 4-3.

Tabla 4-3, Resultados del monitoreo utilizando placas petrifilm.

MONITOREO MICROBIOLÓGICO DE LOS JUGOS PRIMARIO Y MIXTO MÉTODO DE RECUESTO DE AEROBIOS UTILIZANDO PLACAS PETRIFILM								
Muestra Tomada	T° Incubación	Tiempo incubación	Area de Recuento	Numero de muestra	Dilución Jugo Primario	Recuento de Aerobios	Dilución Jugo Mixto	Recuento de Aerobios
11/3/2009	35°C	2 días	20 cm <sup>2</sup>	1	P10 <sup>0</sup>	MNPC ≈10 <sup>5</sup>	M10 <sup>0</sup>	MNPC ≈10 <sup>5</sup>
				2	P10 <sup>-1</sup>	MNPC ≈10 <sup>3</sup>	M10 <sup>-1</sup>	MNPC ≈10 <sup>3</sup>
				3	P10 <sup>-2</sup>	380	M10 <sup>-2</sup>	415
				4	P10 <sup>-3</sup>	36	M10 <sup>-3</sup>	64
				5	P10 <sup>-4</sup>	4	M10 <sup>-4</sup>	9
18/3/2009	35°C	2 días	20 cm <sup>2</sup>	1	P10 <sup>0</sup>	MNPC ≈10 <sup>5</sup>	M10 <sup>0</sup>	MNPC ≈10 <sup>5</sup>
				2	P10 <sup>-1</sup>	MNPC ≈10 <sup>3</sup>	M10 <sup>-1</sup>	MNPC ≈10 <sup>3</sup>
				3	P10 <sup>-2</sup>	400	M10 <sup>-2</sup>	440
				4	P10 <sup>-3</sup>	41	M10 <sup>-3</sup>	69
				5	P10 <sup>-4</sup>	5	M10 <sup>-4</sup>	8
25/3/2009	35°C	2 días	20 cm <sup>2</sup>	1	P10 <sup>0</sup>	MNPC ≈10 <sup>5</sup>	M10 <sup>0</sup>	MNPC ≈10 <sup>5</sup>
				2	P10 <sup>-1</sup>	MNPC ≈10 <sup>3</sup>	M10 <sup>-1</sup>	MNPC ≈10 <sup>3</sup>
				3	P10 <sup>-2</sup>	390	M10 <sup>-2</sup>	420
				4	P10 <sup>-3</sup>	39	M10 <sup>-3</sup>	68
				5	P10 <sup>-4</sup>	4	M10 <sup>-4</sup>	10
1/4/2009	35°C	2 días	20 cm <sup>2</sup>	1	P10 <sup>0</sup>	MNPC ≈10 <sup>5</sup>	M10 <sup>0</sup>	MNPC ≈10 <sup>5</sup>
				2	P10 <sup>-1</sup>	MNPC ≈10 <sup>3</sup>	M10 <sup>-1</sup>	MNPC ≈10 <sup>3</sup>
				3	P10 <sup>-2</sup>	360	M10 <sup>-2</sup>	400
				4	P10 <sup>-3</sup>	47	M10 <sup>-3</sup>	60
				5	P10 <sup>-4</sup>	3	M10 <sup>-4</sup>	7

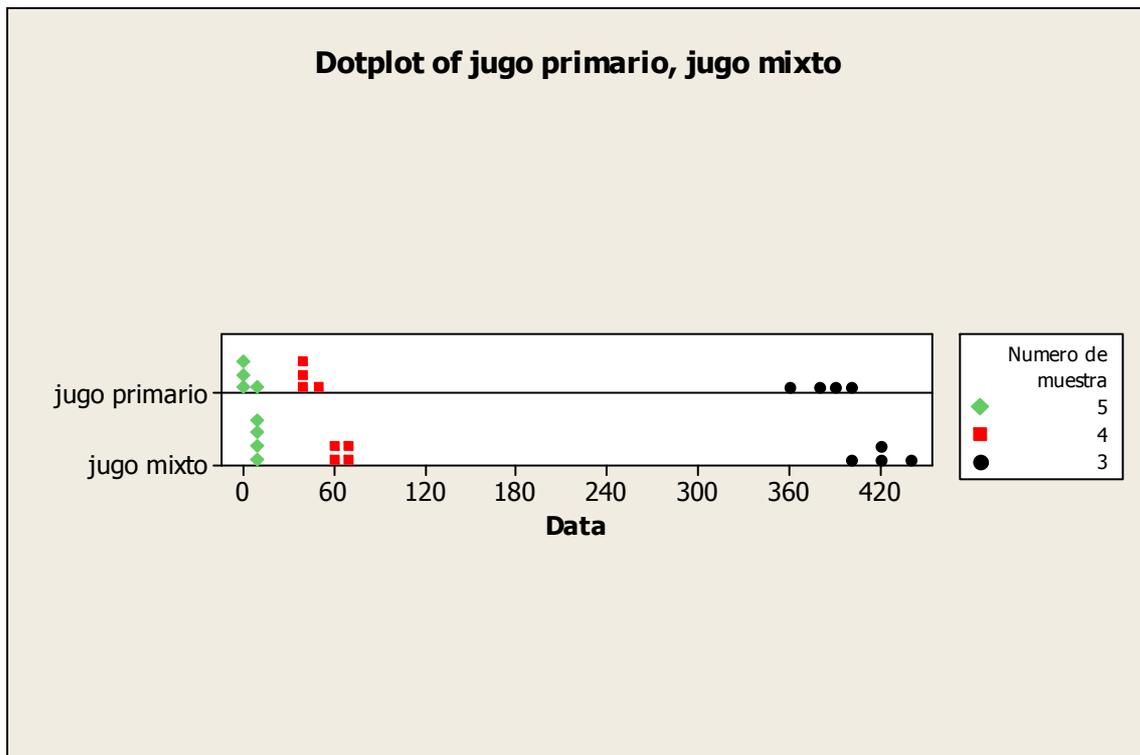
Elaborado por Christian Amador

En la ilustración 4-16, se puede observar, el estado inicial del conteo microbiológico del jugo primario comparado con el estado final del conteo microbiológico del jugo mixto. La variación o crecimiento de organismos aerobios no es alarmante, por lo tanto, el bactericida cumple con la función de regular el crecimiento de microorganismos.

**Método de control rápido hygicult tpc**

Mediante la utilización de este método, se observa que el conteo de colonias de microorganismos está dentro de los parámetros, como indica la Tabla 4-4. Cabe tomar en cuenta que este método no es tan preciso como el anterior pero es mucho más rápido y fácil de aplicar.

**Ilustración 4-16, Comparación de los resultados microbiológicos del jugo primario y del jugo mixto.**



Elaborado por Christian Amador.

Tabla 4-4, Resultados del monitoreo utilizando el método de control rápido hygicult TPC,

MÉTODO DE CONTROL RÁPIDO HYGICULT TPC						
Muestra Tomada	Tº Incubación	Tiempo incubación	Número de muestra	Jugo	Conteo Microbiano (UFC)	Nivel de Aceptación
10/3/2009	35°C	2 días	1	Mixto	10 <sup>5</sup>	Tolerable
12/3/2009	35°C	2 días	1	Primario	10 <sup>5</sup>	Tolerable
24/3/2009	35°C	2 días	1	Primario	10 <sup>4</sup> ≤ JP ≤ 10 <sup>5</sup>	Aceptable/Tolerable
			2	Mixto	10 <sup>4</sup> ≤ JP ≤ 10 <sup>5</sup>	Aceptable/Tolerable
26/3/2009	35°C	2 días	1	Primario	10 <sup>5</sup>	Tolerable
			2	Mixto	10 <sup>4</sup> ≤ JP ≤ 10 <sup>5</sup>	Aceptable/Tolerable
31/3/2009	35°C	2 días	1	Primario	10 <sup>5</sup> ≤ JP ≤ 10 <sup>6</sup>	Tolerable
			2	Mixto	10 <sup>5</sup> ≤ JP ≤ 10 <sup>6</sup>	Tolerable
2/4/2009	35°C	2 días	1	Primario	10 <sup>5</sup>	Tolerable
			2	Mixto	10 <sup>5</sup>	Tolerable

Elaborado por Christian Amador.

## 4.2 FACTORES DE ÉXITO DEL PROYECTO

### 4.2.1 FASE CONTROL

Para que la implementación del proyecto esté completa se ha realizado el cronograma de control de la aplicación del bactericida que se presenta en la tabla 4-5, con el cual quedan documentadas las actividades a realizar cada semana. Las actividades pueden ser realizadas en el primero, segundo o tercer turno de trabajo.

Ya que el proyecto fue implementado, se necesita realizar la evaluación del proceso, comparando las variables que demuestran la efectividad del proyecto, antes y después de la aplicación del bactericida. En la ilustración 4-17 se

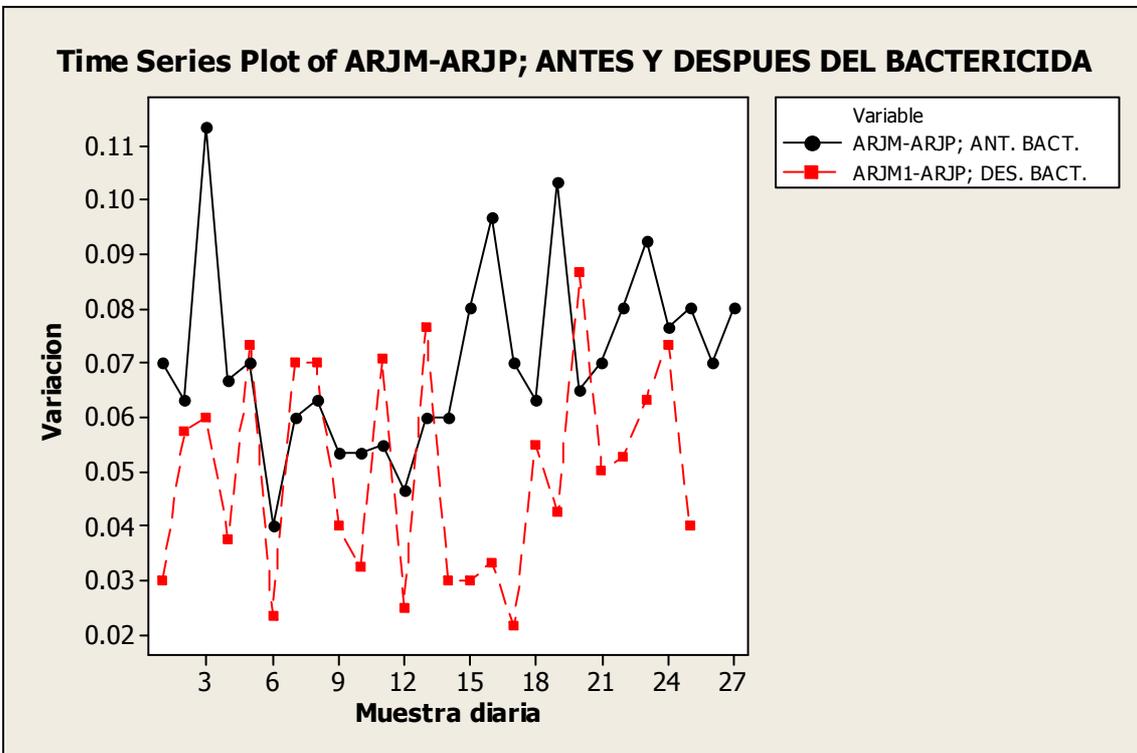
encuentra la evidencia de que la variación entre los azúcares reductores del jugo primario y mixto, han reducido.

Tabla 4-5, Cronograma de control de la aplicación del bactericida

CRONOGRAMA DE CONTROL DE LA APLICACIÓN DEL BACTERICIDA								
#	TAREAS/SEMANA	DIAS A LA SEMANA						
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
1	Tomar muestras JP y JM							
2	Determinar Brix y AR							
3	Aplicar Método Hygicult TPC							
4	Obtener Resultados Hygicult							
5	Aplicar Método Placas Petrifilm 3M							
6	Obtener Resultados Petrifilm							
7	Revisar Consumo y Aplicar Bactericida							
8	Realizar Gráficos de Control							

Elaborado por Christian Amador

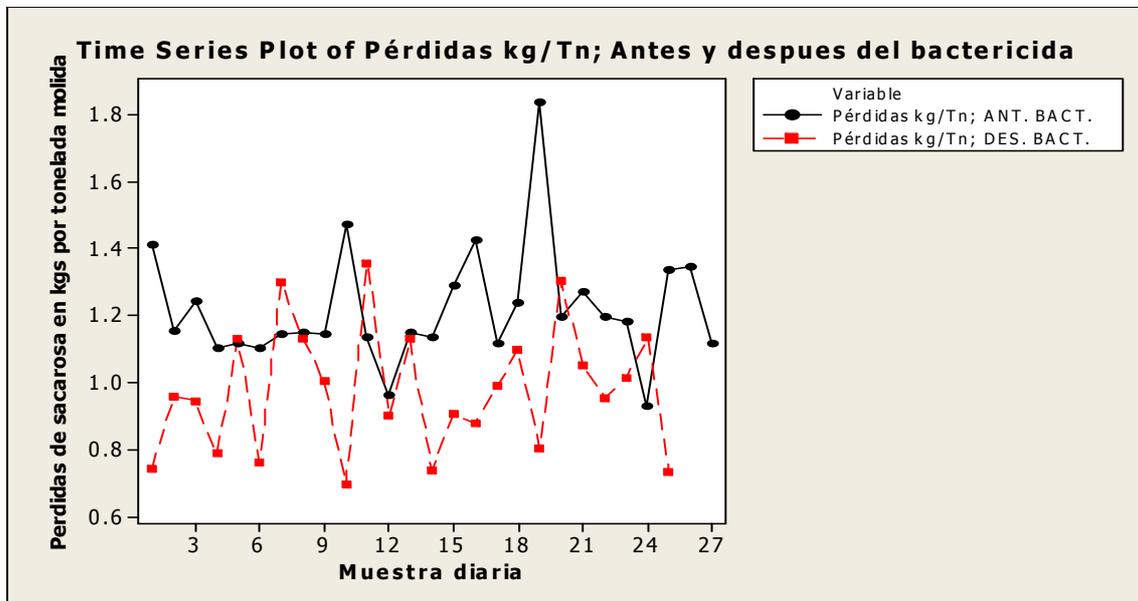
Ilustración 4-17, Comparación de la variación de azúcares reductores, del jugo primario y jugo mixto, antes y después del bactericida.



Elaborado por Christian Amador

En la ilustración 4-18 se evidencia que las pérdidas de kilogramos de sacarosa por tonelada de caña molida han reducido (en un 19,80%).

**Ilustración 4-18, Comparación de las pérdidas de kilogramos de sacarosa por tonelada de caña molida, antes y después del bactericida.**



Elaborado por Christian Amador

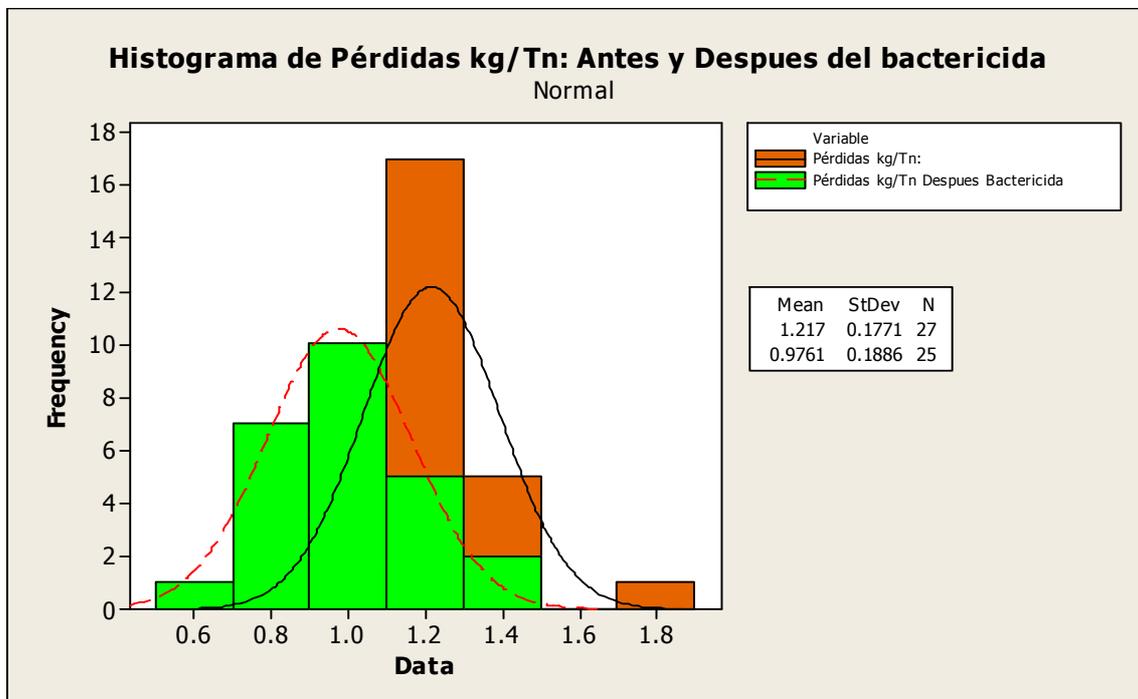
En la ilustración 4-19 se observa cómo la curva de la normal de los datos se ha desviado hacia la izquierda, es decir, las pérdidas de sacarosa han disminuido, esto se lo puede verificar al comparar las medias de cada curva: 1,217 kg de sacarosa pérdida por tonelada de caña molida, antes de la aplicación del bactericida y 0,9761 kg de sacarosa pérdida por tonelada de caña molida, después de la aplicación del bactericida.

#### 4.2.1.1 Estandarización de las mejoras

Los cambios realizados y estandarizados exitosamente en el proceso fueron los siguientes:

- Se incorporó al proceso de la molienda la dosificación de dieciocho partes por millón de bactericida Procide BC 800, por medio de dos bombas dosificadores Pulsafeeder Chem Tech 100.
- Se incorporó al proceso de control de calidad la toma de muestras de jugo primario y jugo mixto exclusivamente para analizar el contenido microbiológico utilizando placas Petrifilm 3M y placas Hygicult TPC.

**Ilustración 4-19, Comparación de las pérdidas de kilogramos sacarosa por tonelada de caña molida, antes y después del bactericida.**



Elaborado por Christian Amador.

### 4.3 ANÁLISIS FINANCIERO DE LA PROPUESTA

En la tabla 4-6, se puede observar detalladamente, las cifras utilizadas para realizar el análisis financiero del proyecto.

La ganancia neta proyectada para un año es de \$20154.41, una cifra significativa, la cual puede variar dependiendo de la respuesta que tenga la aplicación del bactericida a largo plazo.

**Tabla 4-6, Análisis Financiero Proyectado a un Año**

<b>Análisis Financiero Proyectado a un Año</b>	
Promedio de pérdidas de sacarosa sin bactericida	1.217 kg/Tn
Promedio de pérdidas de sacarosa con bactericida	0.976 kg/Tn
Ahorro en pérdidas de sacarosa	0.241 kg/Tn
Molienda aproximada esperada para un año (toneladas)	300000 toneladas
Sacarosa Ahorrada (300000 Tn x 0,241 kg/Tn)	72300 Kg
Sacos de 50 kg ahorrados	1446 unidades
Azúcar recuperable (al 70%), en sacos de 50 kg	1012.2 unidades
<b>Ahorro en dólares</b>	
Costo de cada saco de 50 kg de azúcar tipo A	\$27.00
Ahorro por todos los sacos (1012,2 x \$27)	\$27,329.40
<b>Costo de la inversión</b>	
Bombas dosificadoras (x2)	\$800.00
(Costo de cada bomba \$400)	
Consumo eléctrico aproximado al año	\$86.99
(Potencia:((1/6 Hp * 0.7457 Kw)/ 1Hp) * Tiempo:(24h * 336días) * Precio: 0.0868 Kw/h)	
<b>Insumos:</b>	
o Bactericida	\$5,376.00
(48 semanas al año x 40 kg consumo semanal x \$2,80 /kg)	
o Placas Hygicult TPC	\$768.00
(48 semanas al año x 4 placas semanales x \$4 /placa)	
o Placas Petrifilm	\$144.00
(48 semanas al año x 10 placas semanales x \$0.30/placa)	
<b>Costo total de inversión primer año.-</b>	
Costo de la inversión para un año (aproximadamente)	\$7,174.99
<b>Ganancia neta primer año.-</b>	
Ahorro por todos los sacos	\$27,329.40
Costo total de la inversión del primer año	\$7,174.99
<b>La ganancia neta proyectada a un año es de aproximadamente</b>	<b>\$20,154.41</b>

Elaborado por Christian Amador

En la tabla 4-7, se puede observar el análisis financiero proyectado a dos años, en este caso la ganancia neta es de \$41108,81.

La diferencia de la proyección desde cero a un año y desde cero a dos años es la ganancia neta proyectada para el segundo año, en este caso la ganancia neta proyectada para el segundo año es de \$20954,4

**Tabla 4-7, Análisis Financiero Proyectado a Dos Años**

<b>Análisis Financiero Proyectado a Dos Años</b>	
Promedio de pérdidas de sacarosa sin bactericida	1.217 kg/Tn
Promedio de pérdidas de sacarosa con bactericida	0.976 kg/Tn
Ahorro en pérdidas de sacarosa	0.241 kg/Tn
Molienda aproximada esperada para 2 años (toneladas)	600000 toneladas
Sacarosa Ahorrada (600000 Tn x 0,241 kg/Tn)	144600 Kg
Sacos de 50 kg ahorrados	2892 unidades
Azúcar recuperable (al 70%), en sacos de 50 kg	2024.4 unidades
<b>Ahorro en dólares</b>	
Costo de cada saco de 50 kg de azúcar tipo A	\$27.00
Ahorro por todos los sacos (1012,2 x \$27)	\$54,658.80
<b>Costo de la inversión</b>	
Bombas dosificadoras (x2)	\$800.00
(Costo de cada bomba \$400)	
Consumo eléctrico aproximado para dos años	\$173.99
(Potencia:((1.6 Hp * 0.7457 Kw)/1Hp) * Tiempo:(24h * 672días) * Precio: 0.0868 Kw/h)	
<b>Insumos:</b>	
o Bactericida	\$10,752.00
(96 semanas en 2 años x 40 kg consumo semanal x \$2,80 /kg)	
o Placas Hygicult TPC	\$1,536.00
(96 semanas en 2 años x 4 placas semanales x \$4 /placa)	
o Placas Petrifilm	\$288.00
(96 semanas en 2 años x 10 placas semanales x \$0.30/placa)	
<b>Costo total de inversión Segundo año</b>	
Costo de la inversión para 2 años (aproximadamente)	\$13,549.99
<b>Ganancia neta Segundo año</b>	
Ahorro por todos los sacos	\$54,658.80
Costo total de la inversión de dos años	\$13,549.99
<b>La ganancia neta proyectada a dos años es de aproximadamente</b>	<b>\$41,108.81</b>

Elaborado por Christian Amador

## 5 CAPÍTULO V

### 5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1.1 Conclusiones:

- Antes de la aplicación del bactericida, existían pérdidas de sacarosa en el proceso de la molienda, estas pérdidas aparentemente no eran significativas y se desconocía el impacto real que tenían dentro del proceso de elaboración de azúcar, pero al implementar éste trabajo se logró determinar la importancia de realizar un control microbiológico en la etapa de la molienda.
- Al aplicar el bactericida y fungicida, Procide BC800 30H, entre el jugo que sale del primer molino y último molino, se ha logrado controlar el nivel de contaminación microbiana y disminuir la cantidad de pérdidas de kilogramos de sacarosa por tonelada de caña molida.
- Experimentando con el bactericida se determinó que la dosificación recomendada a utilizar en los molinos (18 ppm), es la ideal. Esto determina que con esa dosificación se mantiene controlado el crecimiento bacteriano sin dejar residuos en el producto final debido a que en la etapa de evaporación el bactericida es evaporado.
- El nivel de azúcares reductores del jugo primario no puede ser mayor al nivel de azúcares reductores del jugo mixto, en caso de que ocurra esto, se debe desechar la muestra y volver a realizar el análisis con una nueva muestra.
- Se desarrolló un plan para monitorear la efectividad del bactericida. Este plan incluye indicadores económicos.

- La aplicación del bactericida no elimina a las bacterias existentes en los jugos, sin embargo de acuerdo a este trabajo, el bactericida ayuda a controlar el crecimiento excesivo de bacterias desde el momento en que la caña es molida (nivel inicial de azúcares reductores), hasta el almacenamiento del jugo mixto en la etapa final de la molienda (nivel final de azúcares reductores).
- Debido a la efectividad del proyecto en la etapa de la molienda, se piensa que la implementación de un control microbiológico en otras etapas del proceso de elaboración de azúcar podrían ser beneficiosos.
- El proyecto se realizó satisfactoriamente, cumpliendo con el objetivo general de determinar la efectividad del bactericida aplicado en la etapa de la molienda y con los objetivos específicos de: caracterizar la contaminación microbiana, establecer medidas necesarias para el control microbiano y plantear una metodología que permite cuantificar las medidas de control.

#### **5.1.2 Recomendaciones:**

- Se recomienda experimentar con el bactericida y fungicida Procide BC800 30H, variando gradualmente la dosificación a ser suministrada por cada bomba, para así encontrar el nivel óptimo de dosificación.
- Para evitar que ocurran errores de lectura al determinar el nivel de los azúcares reductores, se recomienda tomar las muestras del jugo primario y del jugo mixto que sean del mismo lote de caña o cantero. Ésta toma de muestras por lotes ayuda también a que la medición del proceso sea más exacto, al comparar variables provenientes del mismo lote de caña.

- Se recomienda seguir el plan para monitorear la efectividad del bactericida para garantizar la implementación de este trabajo.
- Debido a que los niveles de azúcares reductores que contiene la caña varían desde el momento de la zafra, se recomienda aplicar en los cañaverales, un bactericida y fungicida que ayude a controlar el crecimiento de microorganismos. Con esto se lograría tener una mejor preparación de la materia prima tomando en cuenta el o los impactos ambientales que los productos químicos pueden ocasionar al medio ambiente
- Se recomienda realizar un seguimiento minucioso del estado de la materia prima en cuanto a su contenido de: azúcares reductores, brix, pol y crecimiento bacteriano, desde el momento de la recepción de la caña antes de su almacenamiento, para así poder comparar indicadores y verificar si el tiempo de espera genera pérdidas.
- Se recomienda incorporar este estudio en otros ingenios azucareros para compartir resultados y discutir acontecimientos.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### LIBROS:

- Carlos E. Buenaventura Osorio. **Manual de Laboratorio para la Industria Azucarera**. Editorial Tecnicafia, 1989.
- James C.P. Chen. **Manual del Azúcar de Caña para fabricantes de azúcar de caña y químicos especializados**. Primera Edición. México: Editorial Limusa, 1991.
- Antonio Carlos Fernandes. **Cálculos na Agroindústria da Cana-de-Açúcar**. Segunda Edição, 2003
- South African Sugar Technologists' Association. **Laboratory Manual for South African Sugar Factories Including the Official Methods**. Second Edition, 1985.
- Peter S. Pande, Robert P. Neuman, Rolan R. Cavanagh. **Las Claves Prácticas de Seis Sigma**. Primera Edición. España: Editorial McGraw-Hill, 2004.
- Erston V. Miller. Ph.D. **Fisiología Vegetal**. Segunda Edición. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, 1981.
- E. Hugot. **Handbook of Cane Sugar Engineering**. Third Edition. Elsevier Science Publishers H.V. 1986.

### DIRECCIONES DE INTERNET:

- <http://www.cincae.org>
- <http://www.perafan.com>

### GUÍAS:

- Guía del seminario Qualiplus, Formación de Especialistas Six Sigma, Green Belt, Eduardo C. de Moura
- Guía de Interpretación 3M Placas Petrifilm para el recuento de Aerobios

- Guía de comparación e interpretación de placas Hygicult TPC

## **7 ANEXOS**

### **7.1 Anexo 1: Instructivo de trabajo para la determinación de fibra en caña.**

#### **1.- OBJETO:**

Determinar la cantidad de fibra existente en la caña.

#### **2.- ALCANCE:**

Aplica a la caña que ingresa a molienda.

#### **3.- RESPONSABILIDAD:**

- Jefe de Laboratorio.
- Analista de Laboratorio Principal.
- Muestrero.
- Analista de Calidad.
- Ayudante de Analista Principal.

#### **4.- DEFINICIÓN:**

Fibra: Materia seca insoluble en agua que contiene la caña y el bagazo.

#### **5.- DESCRIPCIÓN:**

**5.1.-** El muestrero de laboratorio principal traerá cada hora una muestra de caña al azar y acumulará durante las ocho horas de su turno, en caso de arranque de molienda después de los paros programados acumulará una muestra representativa y procederá a realizar el respectivo análisis.

**5.2.-** El ayudante de analista principal, debe picar en el desfibrador una muestra representativa de caña, ingresando a este equipo muestras de la parte superior, media e inferior de la caña.

**5.3.-** Pesar 100 g de caña desfibrada y obtener la humedad de acuerdo al instructivo de trabajo para determinar la humedad del bagazo, tomando en cuenta que en lugar de tomar bagazo se toma caña desfibrada.

**5.4.-** Pesar 500 g de caña desfibrada y agregar 1000 ml de agua destilada y colocar en el digestor durante 20 minutos.

**5.5.-** Filtrar el jugo, determinar el Brix de este filtrado.

**5.6.-** A 200 ml del jugo filtrado añadir de 1g a 2g de Octapol en la solución, agitar vigorosamente hasta obtener una mezcla homogénea y filtrar descartando los primeros 25 ml.

**5.7.-** Lavar el tubo de polarizar de 200 mm con varias porciones del filtrado y una vez estabilizado tomar la lectura en el sacarímetro. Si se utiliza el tubo de polarizar de 100 mm multiplicar por 2 la lectura del sacarímetro.

**5.8.-** Reportar el valor de fibra en caña aplicando el siguiente procedimiento:

**5.8.1.-** Del resultado numérico del análisis de la humedad de la caña con el procedimiento establecido en el instructivo de trabajo para determinar la humedad del bagazo, se toma el valor del % de humedad determinada en la muestra de caña desfibrada.

**5.8.2.-** Aplicar la siguiente ecuación de cálculo:

Pol% jugo extraído = lectura sacarimétrica  $\times$  (0,26066 - (0,000995  $\times$  Brix de jugo extraído ))

$$\text{pureza del jugo extraído} = \frac{\text{Pol}}{\text{Brix}} \times 100$$

Para el cálculo de % fibra en caña:

$$\% \text{ fibra en caña} = \frac{100 - \text{humedad de caña} - (3 \times \text{Brix de jugo extraído})}{1 - (0,01 \times \text{Brix de jugo extraído})}$$

Para calcular el Brix en la caña:

$$\text{Brix en caña} = \text{Brix de jugo extraído} \times (3 - (0,01 \times \% \text{ fibra en caña}))$$

Para calcular la Pol en caña:

$$\text{Pol en caña} = \text{Pol de jugo extraído} \times (3 - (0,01 \times \% \text{ fibra en caña}))$$

Con estos valores se puede obtener un valor de la pureza de la caña que ingresa:

$$\text{Pureza de caña} = \frac{\text{Pol en caña}}{\text{Brix en caña}} \times 100$$

**5.8.3.-** El dato obtenido de la fibra en caña registrar en el sistema SISLAB.

**5.9.-** Método alternativo para determinación de % de fibra en caña por el método de la prensa:

**5.9.1.-** Pesar 500 gramos de caña desfibrada y colocar en el cilindro de la prensa, someter a 100 Kg/cm<sup>2</sup> de presión durante un minuto y luego la torta residual pesar.

Para el cálculo de la fibra % en caña:

$$\% \text{ fibra en caña} = 0.1005 * \text{peso de la torta residual} - 0.4372$$

**5.9.2.-** El dato obtenido del % fibra en caña registrar en el sistema SISLAB

**6.- ANEXOS:**

N/A

**7.- REFERENCIAS:**

- Manual de Métodos analíticos para el control unificado.
- Manual de Laboratorio para La Industria Azucarera.
- Cálculos de agroindustria de caña de azúcar.

**8.- REGISTROS:**

Código	Nombre del registro	Responsable del manejo y cuidado del registro	Acceso	Ubicación física	Tipo de Archivo	Tiempo de retención	Disposición final
R-CCA-04	Informe De análisis de proceso diario	JL	JL-JP-SAF-GG ST - JM - SA	Oficina JL	Impreso	Un año	Archivo pasivo

**9.- LISTA DE DISTRIBUCIÓN:**

JL, AC, ST

## **7.2 Anexo 2: Instructivo de trabajo para determinar humedad en el bagazo.**

### **1.- OBJETO:**

Determinar las características del bagazo en cuanto a su contenido de Humedad

### **2.- ALCANCE:**

Aplica al Bagazo que sale del último molino.

### **3.- RESPONSABILIDAD:**

- Jefe de Laboratorio.
- Analista de Calidad.
- Asistente de Jefe de Laboratorio.
- Analista de laboratorio Principal.
- Ayudante de analista principal.
- Muestrero de laboratorio principal.

### **4.- DEFINICIÓN:**

**4.1.- Bagazo.-** Residuo que se obtiene al moler la caña en uno o más molinos. Se llama respectivamente bagazo del primer molino, bagazo del segundo molino, etc. y bagazo del último molino, bagazo final o sencillamente bagazo. En general el término bagazo, se refiere al que sale del último molino a menos que se especifique otra cosa.

### **5.- DESCRIPCIÓN:**

#### **5.1.- EQUIPO:**

- Horno Microonda y/o horno.
- Balanza de precisión.
- Canastilla o Pírex de 35cm de diámetro mayor.

**5.2- PROCEDIMIENTO:**

**5.2.1.-** Limpiar y pesar la canastilla del equipo, anotar ese dato.

**5.2.2.-** Mezclar bien rápidamente la muestra para evitar pérdidas de humedad. Pesar 100 g en la canastilla procurando sean representativos del conjunto. (M2)

**5.2.3.-** Colocar la canastilla en el equipo y secar a 125 ° C durante tres horas.

**5.2.4.-** Pesar la canastilla y colocar nuevamente en el secador durante cinco minutos. (M4)

**5.2.5.-** Si la diferencia entre los dos pesos no es más de 0,1 g. Aceptar el segundo peso.

**5.2.6.-** Si la diferencia de peso es mayor a 0,1 g. Secar hasta peso constante.

**5.3.- PROCEDIMIENTO RAPIDO:**

**5.3.1-** Tarar la canastilla del equipo, registrar la lectura M1.

**5.3.2.-** Homogenizar la muestra rápidamente. Pesar 100 g en la canastilla (M2).

**5.3.3.-** Secar la muestra a temperatura constante durante 28 minutos en el cuarto nivel de intensidad.

**5.3.4.-** Pesar la canastilla, registrar este valor y colocar nuevamente en el microondas durante 1 minuto y volver a pesar.

**5.3.5.-** Si la diferencia entre los dos pesos, no es más de 0.1 g. Aceptar el segundo peso.

**5.3.6.-** Si la diferencia de peso es mayor a 0.1 g. Secar hasta peso constante. M3

**6.- RESULTADO:**

**6.1.-** Se reporta en % Humedad y se ingresa el dato al sistema informático 2 veces por turno.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(M_4 - M_1)}{M_3} * 100$$

M1 = Peso de Pírex vacío

M2 = Peso Pírex + muestra húmeda

M3 = M2 – M1

M4 = Peso de Pírex + muestra seca

**7.- ANEXOS:**

N/A

**8.- REFERENCIAS:**

N/A

**9.- REGISTROS:**

Código	Nombre del registro	Responsable del manejo y cuidado del registro	Acceso	Ubicación física	Tipo de Archivo	Tiempo de retención	Disposición final
R-CCA-04	Informe Diario de análisis de proceso	JL	JL-JP-ST-SAF-GG	Oficina JL	Impreso	Un año	Archivo pasivo

**10.- LISTA DE DISTRIBUCIÓN:**

JL, AC, Analista principal, Ayudante de Analista.

### **7.3 Anexo 3: Instructivo de trabajo para la determinación de pol en bagazo.**

#### **1.- OBJETO:**

Determinar las características del bagazo en cuanto a su contenido de sacarosa para poder cuantificar así las pérdidas de azúcar en este producto.

#### **2.- ALCANCE:**

Aplica al bagazo que sale del último molino.

#### **3.- RESPONSABILIDAD:**

- Jefe de Laboratorio
- Analista de Laboratorio Principal
- Muestrero
- Analista de Calidad.

#### **4.- DEFINICIÓN:**

POL: Es el valor obtenido por polarización directa o sencilla del peso normal de una solución en un sacarímetro. El término se usa en los cálculos como una sustancia real y se mide en grados Z.

#### **5.- DESCRIPCIÓN:**

**5.1.-** Tomar una muestra de bagazo en el elevador de bagazo y /o a la salida del último molino verificando tener una molienda continua.

**5.2.-** Pesar 200 g de bagazo en una bandeja.

**5.3.-** Colocar la muestra en el cilindro y proceder a prensar durante 3 minutos a una presión de 14 toneladas métricas o su equivalente.

**5.4.-** Del jugo extraído de la prensa pesar 26 g. en un balón y aforar a 100 ml con agua destilada.

**5.5.-** Añadir de 1 g a 2 g de Octapol en la solución, agitar vigorosamente hasta obtener una mezcla homogénea y filtrar descartando los primeros 25 ml.

**5.6.-** Lavar el tubo de polarizar de 200 mm con varias porciones del filtrado y una vez estabilizado tomar la lectura en el sacarímetro.

**5.7.-** Reportar el valor de POL aplicando el siguiente procedimiento:

**5.7.1.-** Del resultado numérico del análisis de la humedad del bagazo con el procedimiento establecido en el instructivo de trabajo para determinar la humedad del bagazo se toma el valor del % de humedad determinada en la muestra de bagazo.

**5.7.2.-** Aplicar la siguiente ecuación de cálculo:

$$\text{Pol\% bagazo} = \text{lectura sacarimétrica} \times \frac{(100 - \% \text{ fibra en bagazo})}{100}$$

Para el cálculo de % fibra en bagazo

$$\% \text{ fibra en bagazo} = 100 - \left( \frac{\% \text{ humedad en bagazo}}{1 - \left( \frac{\text{brix en bagazo}}{100} \right)} \right)$$

**5.7.3.-** El dato obtenido registrar en el sistema SISLAB

**5.8.-** Si se utiliza el tubo de polarizar de 100 mm multiplicar x 2 la lectura del sacarímetro

**5.9.-** En caso de daño de la prensa hidráulica, como método alternativo para la determinación de la pol del bagazo se tiene el método del digestor en frío cuyo procedimiento es el siguiente:

**5.9.1.-** Pesar 100 gramos de bagazo de una muestra representativa y añadir 1000 ml de agua destilada, proceder a la digestión durante el tiempo de 20 minutos.

**5.9.2.-** Filtrar la muestra para obtener el extracto. Añadir de 1 a 2 g. De Octapol en la solución, agitar vigorosamente hasta obtener una mezcla homogénea y filtrar descartando los primeros 25 ml.

**5.9.3.-** Lavar el tubo de polarizar de 200 mm con varias porciones del filtrado y una vez estabilizado tomar la lectura en el sacarímetro.

**5.9.4.-** Del resultado numérico del análisis de la humedad del bagazo con el procedimiento establecido en el instructivo de trabajo para determinar la humedad del bagazo, se toma el valor del % de humedad determinada en la muestra de bagazo

**5.9.5.-** Para proceder al cálculo primero determinar el % de fibra en bagazo con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ fibra en bagazo} = \left( \frac{100 - \% \text{ humedad bagazo} - 286 \times \left( \frac{\text{lectura sacarímetro}}{\text{pureza del jugo último}} \right)}{(1 - 0,26) \times \left( \frac{\text{lectura sacarímetro}}{\text{pureza del jugo último}} \right)} \right)$$

**5.9.6.-** Una vez determinado el % de fibra en bagazo se procede a determinar la pol en el bagazo aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Pol en bagazo} = 0,26 \times \text{lectura sacarimétrica} \times (1 - (0,01 \times \% \text{ fibra en bagazo}))$$

La lectura sacarimétrica corresponde al tubo de 200mm

## **6.- ANEXOS:**

N/A

**7.- REFERENCIAS:**

- Manual de Métodos analíticos para el control unificado.
- Manual de Laboratorio para la Industria Azucarera.
- Cálculos de agroindustria de caña de azúcar.

**8.- REGISTROS:**

Código	Nombre del registro	Responsable del manejo y cuidado del registro	Acceso	Ubicación física	Tipo de Archivo	Tiempo de retención	Disposición final
R-CCA-04	Informe De análisis de proceso diario	JL	JL-JP-SAF-GG ST - JM - SA	Oficina JL	Impreso	Un año	Archivo pasivo

**9.- LISTA DE DISTRIBUCIÓN:**

JL, AC, -ST

## **7.4 Anexo 4: Instructivo de trabajo para la medición de pH en productos azucarados.**

### **1.- OBJETO:**

Medir el pH de los jugos, jarabe y agua con la ayuda de un pH-metro.

### **02.- ALCANCE:**

Este método es aplicable a todos los jugos, jarabe y agua que se originan durante el proceso.

### **3.- RESPONSABILIDAD:**

- Jefe de Laboratorio.
- Analista de Calidad.
- Analista de laboratorio principal.

### **4.- DEFINICIÓN:**

N/A

### **5.- DESCRIPCIÓN:**

**5.1.-** Revisar diariamente y ajustar el pH-metro con una solución buffer estándar.

**5.2.-** Enfriar la muestra a temperatura ambiente.

**5.3.-** Lavar los electrodos y el recipiente con porción de la muestra a analizar.

**5.4.-** Llenar el recipiente (vaso de precipitación o frasco de vidrio) hasta cubrir el bulbo de los electrodos.

**5.5.-** Leer el pH.

**5.6.-** Lavar los electrodos con agua destilada y dejarlos en agua destilada.

**5.7.-** Reportar las lecturas del pH-metro.

### **6.- ANEXOS.-**

N/A

**7.- REFERENCIAS.-**

- Manual de Laboratorio para la Industria Azucarera.
- Manual de Métodos Analíticos para el Control Unificado.

**8.- REGISTROS:**

Código	Nombre del registro	Responsable del manejo y cuidado del registro	Acceso	Ubicación física	Tipo de Archivo	Tiempo de retención	Disposición final
R-CCA-04	Informe diario de análisis de proceso	JL	JL-JP-ST, SAF-GG	Oficina JL	Impreso	Un año	Archivo pasivo
R-CCA-15	Resultado de Análisis de Prontos	JL	JP	Oficina JL	Impreso	Un año	Archivo pasivo

**9.- LISTA DE DISTRIBUCIÓN:**

JL, AC, Analistas principales, Analistas de campo.

## **7.5 Anexo 5: Instructivo de trabajo para la determinación de % de materia extraña.**

### **1.- OBJETO:**

Determinar la cantidad de materia extraña que ingresa en la caña proveniente de los diferentes canteros

### **2.- ALCANCE:**

Materia prima.

### **3.- RESPONSABILIDAD:**

- Jefe de Laboratorio.
- Analista de Calidad.
- Analistas de Campo.
- Jefes de Patio.
- Operador de Báscula.
- Personal Operativo.

### **4.- DEFINICIÓN.-**

**4.1.- MATERIA EXTRAÑA:** Se refiere a tierra, piedras, cogollos (hasta el último canuto coloreado) cepas, raíces, cañas secas y otros, es decir, todo lo que no forma parte de la caña.

**4.2.- MUESTREO AL AZAR:** Tomar la muestra de tal forma que cada ítem tenga la misma posibilidad de ser muestreado.

### **5.- DESCRIPCIÓN:**

#### **5.1.- Método Manual:**

**5.1.1.-** En base a la información emitida mensualmente por logística por lo menos con tres días antes de iniciar el nuevo mes, se procederá a realizar el número de muestreos a cada contratista, tomando en cuenta el tamaño de lote de acuerdo al número de toneladas programadas a ingresar.

**5.1.2.-** El analista de campo realizará un muestreo al azar de un viaje completo en el momento del ingreso de la caña al patio para que este sea evaluado y hará ubicar en el área asignada por el Jefe de Patio para proceder al muestreo, la misma que se será limpia y seca todo el tiempo.

**5.1.3.-** El personal operativo verificara la placa en el paquete.

**5.1.4.-** Realizar la limpieza de cada caña, separando a un lado toda la materia extraña que ingresa junto con la materia prima.

**5.1.5.-** Una vez terminado el muestreo, pesar en báscula la cantidad de materia extraña acumulada y el registro de báscula entregar a analista de campo.

**5.1.6.-** Con los datos obtenidos aplicar la siguiente fórmula:

$$\% \text{ materia extraña} = \text{peso de materia extraña} * 100 / \text{peso del paquete de caña analizado}$$

**5.1.7.-** En el caso de presencia de lluvia durante el tiempo total que dura el análisis, este se suspenderá y no se realizará.

## **5.2.- Método Sonda mecánica:**

**5.2.1.-** El muestreo se lo realizará con la ayuda del Core Sampler, tractor con una sonda que ingresa al paquete de caña para sacar la muestra. El muestreo se realizará directamente de la ruma de caña en patio, esto hasta que se implemente un sistema de muestreo para camiones cañeros.

**5.2.2.-** Del paquete identificado se toma una muestra de aproximadamente 15 kilos, con el ingreso de la sonda a cuatro partes del paquete de caña independientemente, con la finalidad de que la muestra sea representativa.

**5.2.3.-** Pesar la muestra total recogida caña más materia extraña, luego proceder a separar la materia extraña como paja, cogollo, caña enferma, raíces, tierra, en un recipiente único.

**5.2.4.-** Antes de colocar la materia extraña en el recipiente, se debe obtener el peso del recipiente vacío (tara) y luego determinar el peso total de la materia extraña.

**5.2.5.-** Con los datos obtenidos en el literal anterior se procede a calcular:

Peso total de la materia extraña = Peso de paja + cogollo + tierra

$$\% \text{ de materia extraña} = \frac{\text{Peso total de materia extraña}}{\text{Peso total de muestra}} * 100$$

**5.2.8.-** Este dato de porcentaje de materia extraña se registra en RCCA-03 y por intranet a Logística se envía el resto de la información obtenida.

## **6.- ANEXOS.-**

**6.1.-** Placa de identificación del paquete.

## **7.- REFERENCIAS:**

- Manual de Instruções.- CONSECANA-SP, Piracicaba-SP 2002.

## **8.- REGISTROS:**

Código	Nombre del registro	Responsable del manejo y cuidado del registro	Acceso	Ubicación física	Tipo de Archivo	Tiempo de retención	Disposición final
R-CCA-04	Informe Diario de Análisis de Proceso	JL	JL-JG- JP-SAF- GG	Oficina JL	Impreso	Un año	Archivo pasivo

## **9.- LISTA DE DISTRIBUCIÓN:**

JL-JG –AC

## **7.6 Anexo 6: Instructivo de trabajo para la determinación del análisis de preparación y molienda.**

### **1.- OBJETO:**

Determinar mediante análisis los datos de operación del sistema de preparación de caña.

### **2.- ALCANCE:**

Desde proceso de preparación hasta el proceso de molienda.

### **3.- RESPONSABILIDAD:**

- Jefe de Laboratorio.
- Analista de Calidad.
- Muestrero de laboratorio principal.

### **4.- DEFINICIÓN:**

Índice de preparación (PI): Es un método empírico que ha sido desarrollado para mostrar valores comparables para preparación de caña. Los resultados de esta prueba solo son comparables si el procedimiento es seguido precisamente en la forma que se detalla a continuación.

### **5.- DESCRIPCIÓN:**

**5.1.-** Pesar 500 g de caña desfibrada en un balde plástico y añadir 3000 g de agua y cerrar.

**5.2.-** Agitar durante 30 minutos en el agitador de caña.

**5.3.-** Luego de los 30 minutos colocar la muestra filtrada en un vaso de 500 ml, se debe descartar los primero 100 ml del extracto filtrado, se debe coleccionar 500 ml del mismo.

**5.4.-** Esa muestra colocar en el refractómetro para medir los ° Brix (B1).

**5.5.-** Al mismo tiempo pesar 333 g de caña desfibrada y colocar en el frasco del desintegrador y aumentar 2000 g de agua, poner en funcionamiento el desintegrador por 20 minutos.

**5.6.-** Filtrar ese extracto a un vaso de 500 ml. El filtrado se debe medir los ° Brix (B2)

**5.7.-** El cálculo del índice de preparación se obtiene de la siguiente fórmula

$$PI = \frac{B_1}{B_2} \times 100$$

**5.8.-** El resultado se expresa en porcentaje (%).

## **6.- ANEXOS.-**

N/A

## **7.- REFERENCIAS:**

- Manual de métodos analíticos para el control unificado L-CC-02.
- Manual de laboratorio para la industria azucarera L-CC-01.
- Laboratory Manual for South African Sugar Factories including the official methods L-CC-026.

## **8.- REGISTROS:**

Código	Nombre del registro	Responsable del manejo y cuidado del registro	Acceso	Ubicación física	Tipo de Archivo	Tiempo de retención	Disposición final
R-CCA-09	Curva de Brix de Molinos	JL	ST-IM	Oficina JL	Magnético Impreso	Dos años	Archivo pasivo

## **9.- LISTA DE DISTRIBUCIÓN:**

JL, AC

## **7.7 Anexo 7: Instructivo para determinar el rendimiento probable en la caña.**

### **1.- OBJETO:**

Determinar el rendimiento probable de contenido de azúcar en la caña para el pago a los respectivos proveedores.

### **2.- ALCANCE:**

Aplica a la caña recibida en el patio de fábrica.

### **3.- RESPONSABILIDAD:**

- Jefe de Laboratorio.
- Analistas de Calidad.
- Analista de Campo.

### **4.- DEFINICIÓN.-**

**4.1.- CAÑA:** Material vegetal crudo del género *Saccharum* entregado a la fábrica, el cual incluye la caña limpia y la basura del campo.

**4.2.- °BRIX:** Porcentaje en peso (P/P%) de sólidos disueltos en una solución.

**4.3.- JUGO PRIMARIO:** Jugo extraído por la maza cañera del primer molino

**4.4.- SACAROSA:** Este compuesto es llamado también comúnmente como azúcar de caña, cuya composición química es  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .

**4.5.- LECTURA POLARIMETRICA:** Es la lectura en la escala del polarímetro grados Z.

**5.- DESCRIPCIÓN:**

**5.1.-** En molienda normal de caña, el muestreo y análisis de los distintos proveedores se debe realizar de manera aleatoria según lo establece el Reglamento de recepción de caña (art. 7).

**5.2.-** Para los casos de muestreo de proveedores que disponen una superficie a cosechar menor a una hectárea y de quemas no programadas, el Jefe de Logística está en la obligación de indicar al operador de báscula el nombre del proveedor, nombre del transportista y número de camiones que deben proceder a muestrearse; y éste último indicará al analista de campo el números de placas correspondientes a los paquetes de caña que se deben proceder analizar.

**5.3.-** Se analizan los paquetes que tienen la respectiva placa de identificación.

**5.4.-** Se toma una muestra de jugo extraído por la maza cañera del primer molino.

**5.5.-** Se determina por análisis el porcentaje de sólidos (brix) y la lectura polarimétrica mediante el polarímetro.

**5.6.-** Se registran los datos obtenidos en el sistema informático “Sistema de Análisis de caña”.

**5.7.-** El analista de campo en función al número de placas que le entregue Jefe de Patio llevará el registro de molienda horaria de caña, además realizará el inventario de caña en patio por turno.

**5.8.-** El analista de campo del primer turno, elaborará a las 06h00 el registro R-CCA-11 de ingreso y molienda de caña.

**6.- ANEXOS.-**

N/A

**7.- REFERENCIAS:**

- Manual de Laboratorio para la industria azucarera.
- Reglamento de recepción y molienda de caña.
- Manual de Instruções, CONSECANA-SP, Consejo de productores de caña de azúcar, azúcar y alcohol del estado de Sao Paulo.

**8.- REGISTROS:**

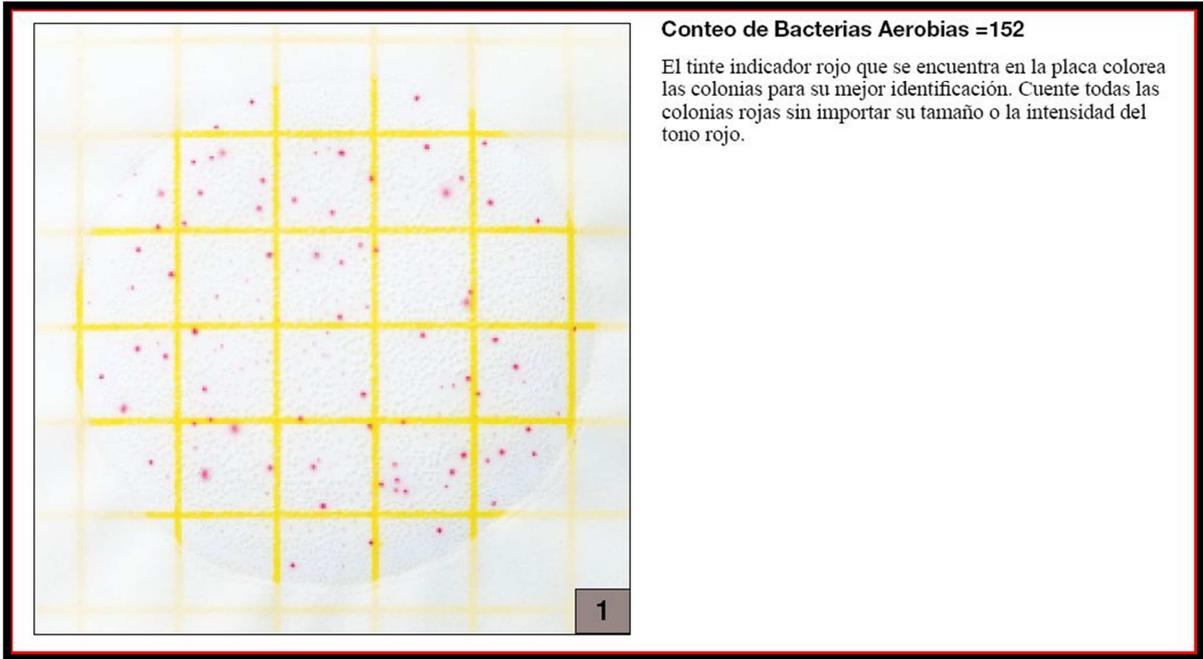
Código	Nombre del registro	Responsable del manejo y cuidado del registro	Acceso	Tipo de Archivo	Ubicación física	Tiempo de retención	Disposición final
R-CCA-02	Análisis de cañas compradas	JL	Sistemas; Contabilidad	Magnético, Impreso	Servidor	Un año	Backup en sistemas
R-CCA-11	Ingreso y molienda de caña	JL	Agricultura, Laboratorio	Impreso	archivo	Un mes	Archivo pasivo

**9.- LISTA DE DISTRIBUCIÓN:**

JL, AC, JG

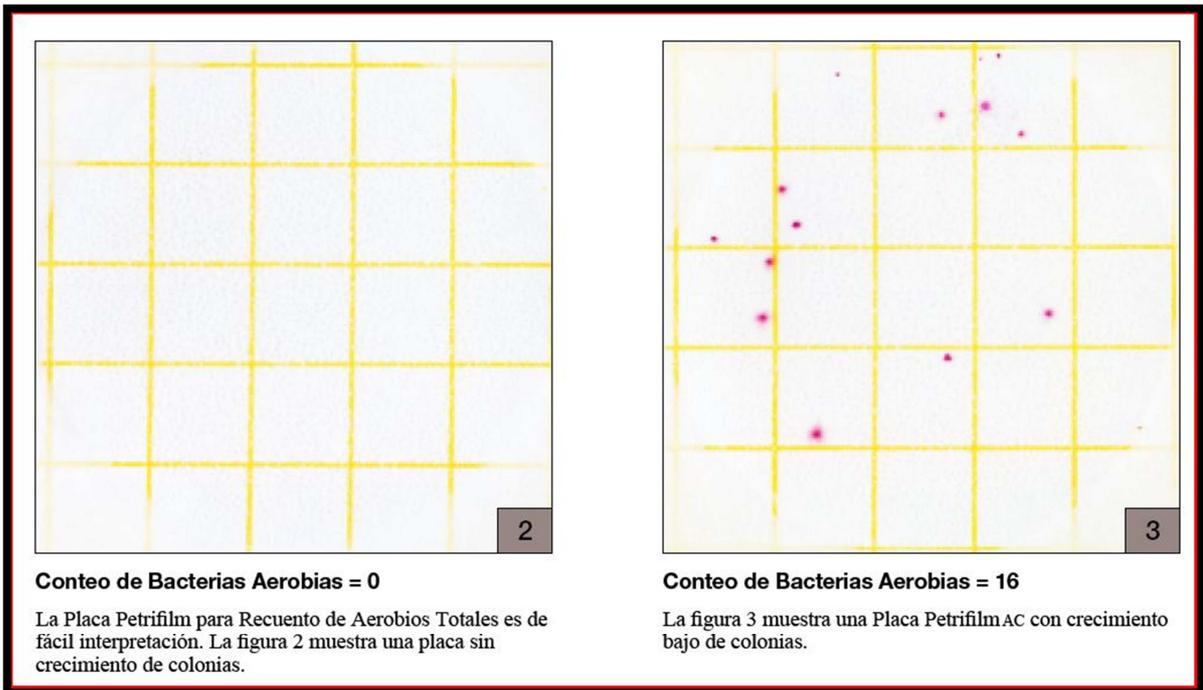
### 7.8 Anexo 8: Guía de interpretación de Placas Petrifilm.

Ilustración 7-1, Guía de interpretación Placas Petrifilm.



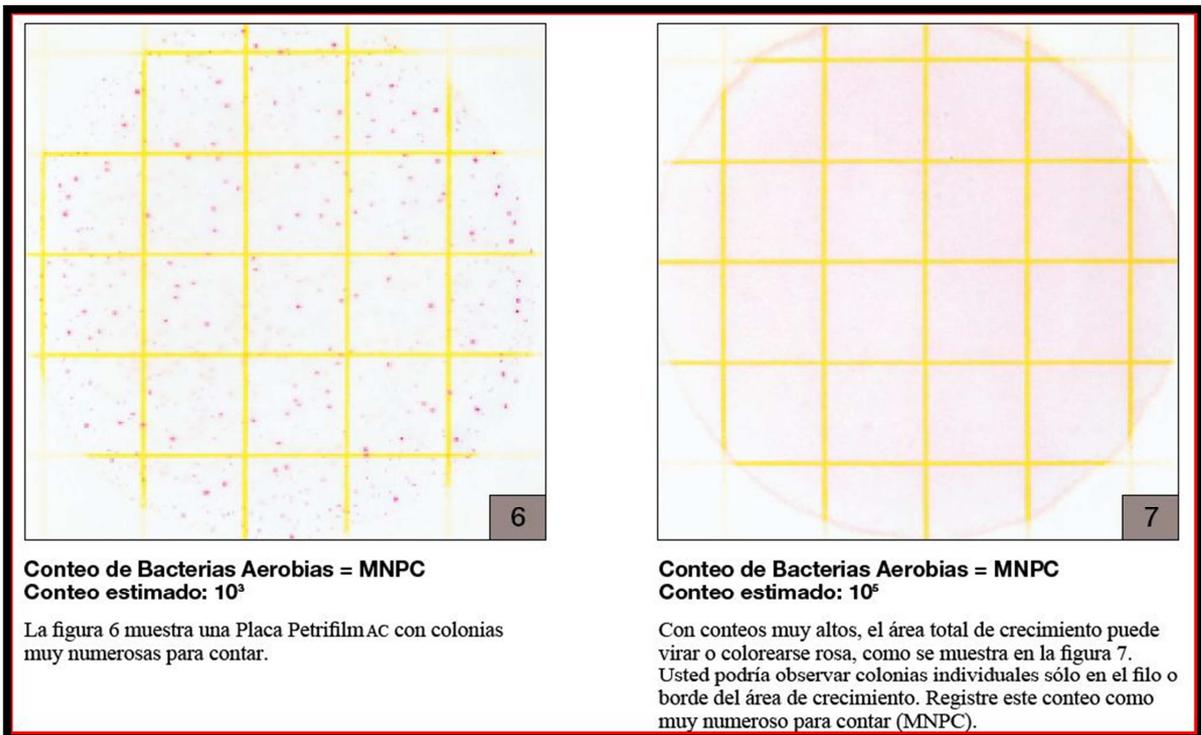
<http://multimedia.mmm.com/mws/mediawebserver.dyn?222222PNZ6729Jg2tJg22G36xCffffE->

Ilustración 7-2, Guía de interpretación Placas Petrifilm.



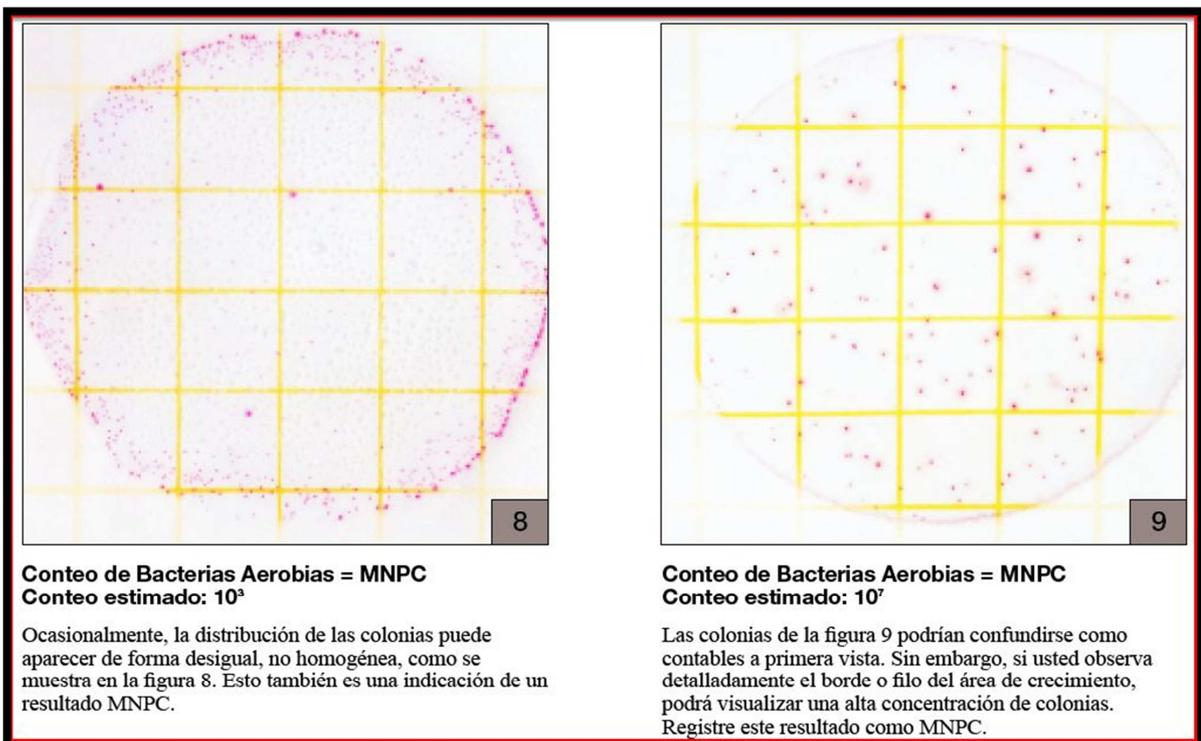
<http://multimedia.mmm.com/mws/mediawebserver.dyn?222222PNZ6729Jg2tJg22G36xCffffE->

Ilustración 7-3, Guía de interpretación Placas Petrifilm.



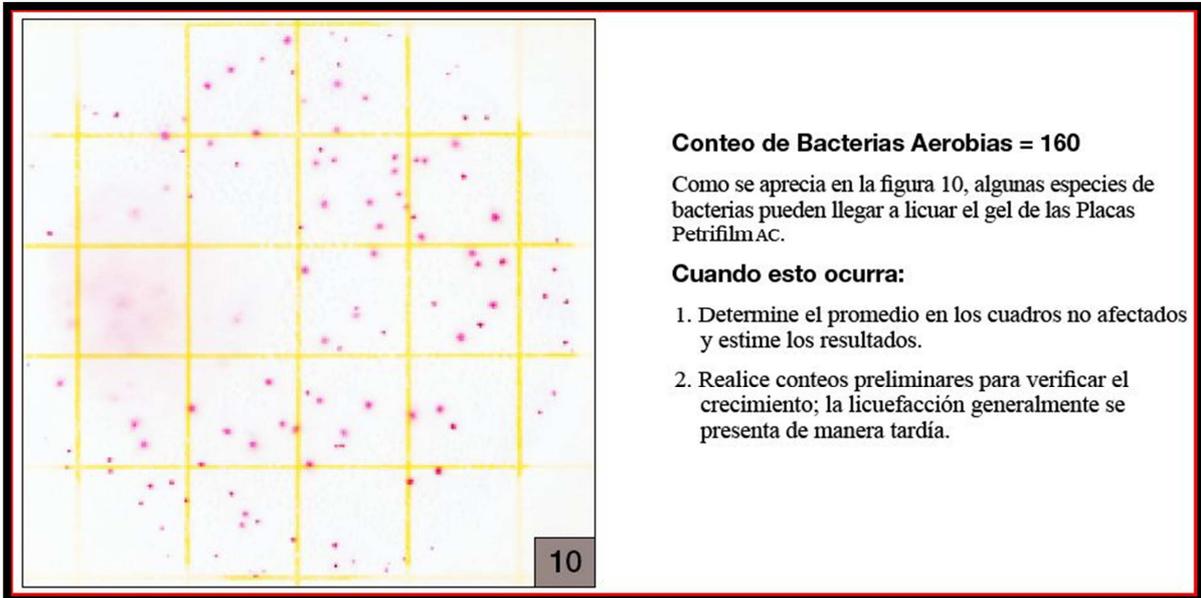
<http://multimedia.mmm.com/mws/mediawebserver.dyn?222222PNZ6729Jg2tJg22G36xrCffffE->

Ilustración 7-4, Guía de interpretación Placas Petrifilm.



<http://multimedia.mmm.com/mws/mediawebserver.dyn?222222PNZ6729Jg2tJg22G36xrCffffE->

Ilustración 7-5, Guía de interpretación Placas Petrifilm.



<http://multimedia.mmm.com/mws/mediawebserver.dyn?222222PNZ6729Jg2tJg22G36xCffffE->

## 7.9 Anexo 9: Hoja Técnica del bactericida y fungicida Procide BC 800 30H

Ilustración 7-6, Hoja técnica Procide BC 800 30H.

 <b>PROTECNICA INGENIERIA S.A.</b> Especialidades Químicas	<b>PROCIDE BC 800 30H</b> Etilen bis ditiocarbamato de sodio							
<b>FICHA TECNICA</b>	<b>Descripción del Producto</b>							
	<p>El <b>PROCIDE BC 800 30H</b> es un efectivo fungicida y bactericida de uso industrial en torres de enfriamiento con recirculación de agua, condensadores, molinos de caña de azúcar, máquinas productoras de papel, piscinas de enfriamiento por atomización de agua, entre otros. No es recomendable para aguas potables.</p> <p>El <b>PROCIDE BC 800 30H</b> cumple con los requisitos de la norma FDA 173.320 para uso en el control de microorganismos en la molenda de caña de azúcar.</p>							
	<b>Especificaciones</b>							
	<table border="1"> <tr> <td>Apariencia</td> <td>Líquido Amarillo</td> </tr> <tr> <td>Ingrediente Activo (%)</td> <td>30.0 ± 1.0</td> </tr> <tr> <td>pH (Directo)</td> <td>10.0 ± 1.0</td> </tr> <tr> <td>Densidad 25°C (g/ml)</td> <td>1.10 ± 0.02</td> </tr> </table>	Apariencia	Líquido Amarillo	Ingrediente Activo (%)	30.0 ± 1.0	pH (Directo)	10.0 ± 1.0	Densidad 25°C (g/ml)
Apariencia	Líquido Amarillo							
Ingrediente Activo (%)	30.0 ± 1.0							
pH (Directo)	10.0 ± 1.0							
Densidad 25°C (g/ml)	1.10 ± 0.02							
	<b>Aplicaciones y Guía de Uso</b>							
	<p>En torres de enfriamiento, utilizar 120 ppm de <b>PROCIDE BC 800 30H</b> reemplazando cada tercer día si hay crecimiento de algas; bajo condiciones controladas aplicar 20 a 40 ppm cada dos o tres días.</p> <p>En molinos de caña de azúcar, el <b>PROCIDE BC 800 30H</b> se aplica entre 10 y 20 ppm entre el jugo del primer molino (20% a 45%) y el molino final, usando bomba dosificadora.</p> <p>En pulpa de papel, el <b>PROCIDE BC 800 30H</b> se aplica entre 0.6 y 1.8 con respecto al papel producido.</p>							
El <b>PROCIDE BC 800 30H</b> puede tener los siguientes rótulos:	<b>Manipulación y Almacenamiento</b>							
Kosher Supervisión of America (KSA)	<p>El <b>PROCIDE BC 800 30H</b> debe manejarse con precaución ya que es un irritante primario de toxicidad moderada. Se recomienda se utilicen detantal, guantes de nitrilo, protector facial y máscara para vapores orgánicos.</p> <p>Almacéñese en condiciones higiénicas, en empaque original y cerrado a temperaturas no superiores a 40°C.</p> <p>El <b>PROCIDE BC 800 30H</b> tiene una vida útil de dos (2) años después de fabricado.</p> <p>Remítase a la Hoja de Seguridad (MSDS) para más detalles.</p>							
<b>PROTECNICA INGENIERIA S.A.</b>	<b>Presentación</b>							
Cra 34 13-150 Arroyohondo Yumbo, Colombia Tels.: (57) 2 6902828 / 29 / 30 Fax: (57) 2 6655350, 6651894 www.protecnicaing.com	Tambor por 235 kilogramos netos.							
	Las recomendaciones y sugerencias de uso dadas se obtuvieron de datos que consideramos fiables, pero en cualquier caso el usuario debe verificarlas por sí mismo antes de su uso. Ninguna de estas infringe las leyes de propiedad intelectual presentes en patentes vigentes en el campo de aplicación.							
Septiembre 2008								

### 7.10 Anexo 10: Descripción de la Bomba Pulsafeeder Chem Tech

Ilustración 7-7, Descripción Bomba Chem Tech.



**CHEM-TECH**

**100/150 SERIES**

The standard by which all other dosing pumps are judged, *Chem-Tech 100/150 Series* pumps with motorized-diaphragm technology deliver dependable performance and extended longevity. The *100/150 Series* provides quiet, consistent metering over long periods of time in a compact form.

A tried-and-true electric motor transfers power via a sealed gear-box and eccentric cam for smooth, reliable dosing.

Simple, adjustable system with knob and locking lever provide easy flowrate control and turndown.

The compact, injection-molded housing and clear pump head offer both *affordability* and chemical resistance.

The industrial grade, low-stress diaphragm provides *long life*, even in harsh conditions and continuous duty cycles.



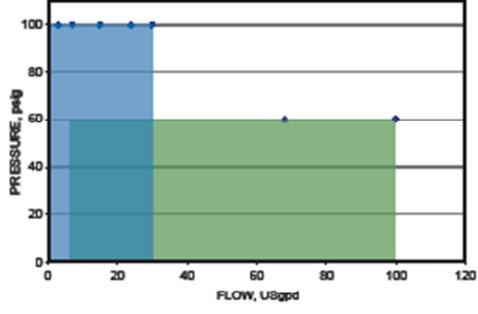
X030-XA-AAAAXXX

- Guided quad check valve system
- Chemical Resistant Materials
- Bleed Valve Assembly
- Feed Rate Control
- Self Priming
- Sealed Gear Train
- Simple Installation

**Series 100 Models** - The preferred metering pump for water conditioning professionals around the world. Perfect for applications where economical, consistent performance is required. Capable of a wide range of flows, from less than 3 USgpd up to 30 USgpd and pressures up to 100 psig.

**Series 150 Models** - Built upon the same solid platform as the 100 Models, these units are capable of higher flow-rates. With a range offering up to 100 USgpd, the Series 150 can meet the demands of larger applications. Maximum pressure is 60 psig.

**Duplex Models** - Both the Series 100 and 150 Models can be configured as duplex units capable of dosing 2 chemicals at different rates.



**MAX**  
FLUID & GAS DIVISION

*REAL Performance*

Fuente: <http://www.pulsatron.com/pumps/chemtech/series100.asp>

Ilustración 7-8, Descripción Bomba Chem Tech.

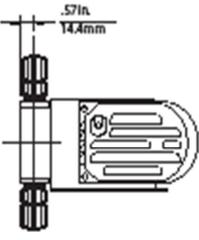
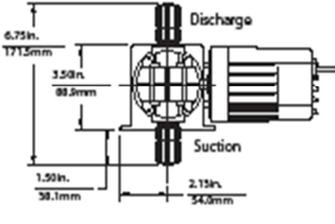
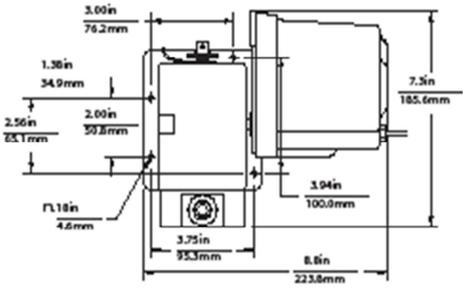
### Chem-Tech Series 100 / 150 Model Selection Guide

<b>MODELS:</b>	<b>Series 100, Maximum Pressure 100 psig (7 bar)</b> X003 - 3 USGpd (0.47 lph), 7 SPM, 0.30 FLA @ 115V X007 - 7 USGpd (1.00 lph), 13 SPM, 0.42 FLA @ 115V X015 - 15 USGpd (2.34 lph), 25 SPM, 0.59 FLA @ 115V X024 - 24 USGpd (3.78 lph), 51 SPM, 0.75 FLA @ 115V X030 - 30 USGpd (4.72 lph), 51 SPM, 0.79 FLA @ 115V <b>Series 150, Maximum Pressure 60 psig (4.2 bar)</b> X068 - 68 USGpd (10.71 lph), 51 SPM, 1.0 FLA @ 115V X100 - 100 USGpd (15.76 lph), 70 SPM, 1.0 FLA @ 115V
<b>ELECTRICAL:</b>	XA - 115V, 60Hz XB - 230V, 50Hz XC - 230V, 60Hz
<b>WETTED MATERIALS</b> <small>Pump Head, Pump Head, Fittings/Gears &amp; O-Rings, Base (Consult factory for additional configurations)</small>	AAA - SAN/PVC, Hypalon, Ceramic AAB - SAN/PVC, Hypalon, TFE ABA - SAN/PVC, Viton, Ceramic ABB - SAN/PVC, Viton, TFE ACA - SAN/PVC, TFE/Viton, Ceramic AHA - SAN/PVC, TFE/Hypalon, Ceramic BAA - PVC, Hypalon, Ceramic BAB - PVC, Hypalon, TFE BBA - PVC, Viton, Ceramic BBB - PVC, Viton, TFE BHA - PVC, Teflon/Hypalon, Ceramic
<b>CONNECTION SIZES:</b>	A - Tubing 0.44" PVC suction, 0.50" PE discharge C - Tubing 0.38" PVC suction, 0.38" PE discharge F - Tubing 0.44" PVC suction, 0.50" Black PE discharge S - Tubing 0.38" PVC suction, 0.38" Black PE discharge
<b>SUFFIX CODES</b>	XXX - Standard 001 - Current Interrupter 500* - Five Function Valve 520* - Five Function Degas Valve ITS - 15 USgal ITS Tank System

Example complete part number: X030-XA-AAAAXX

Specifications	Optional
Max. Viscosity	300 Cps
Enclosure	
Temperature Limitations	125F / 51C max.
Electrical Requirements	1/6 HP, 115V / 60 Hz      230V / 60Hz or 230V / 50Hz
Shipping Weight	8 lbs. / 3.63kg.

\* Specifications subject to change without notice



ALPHACON Company



PLUMB & TOOL SERVICES

CT-001 C06

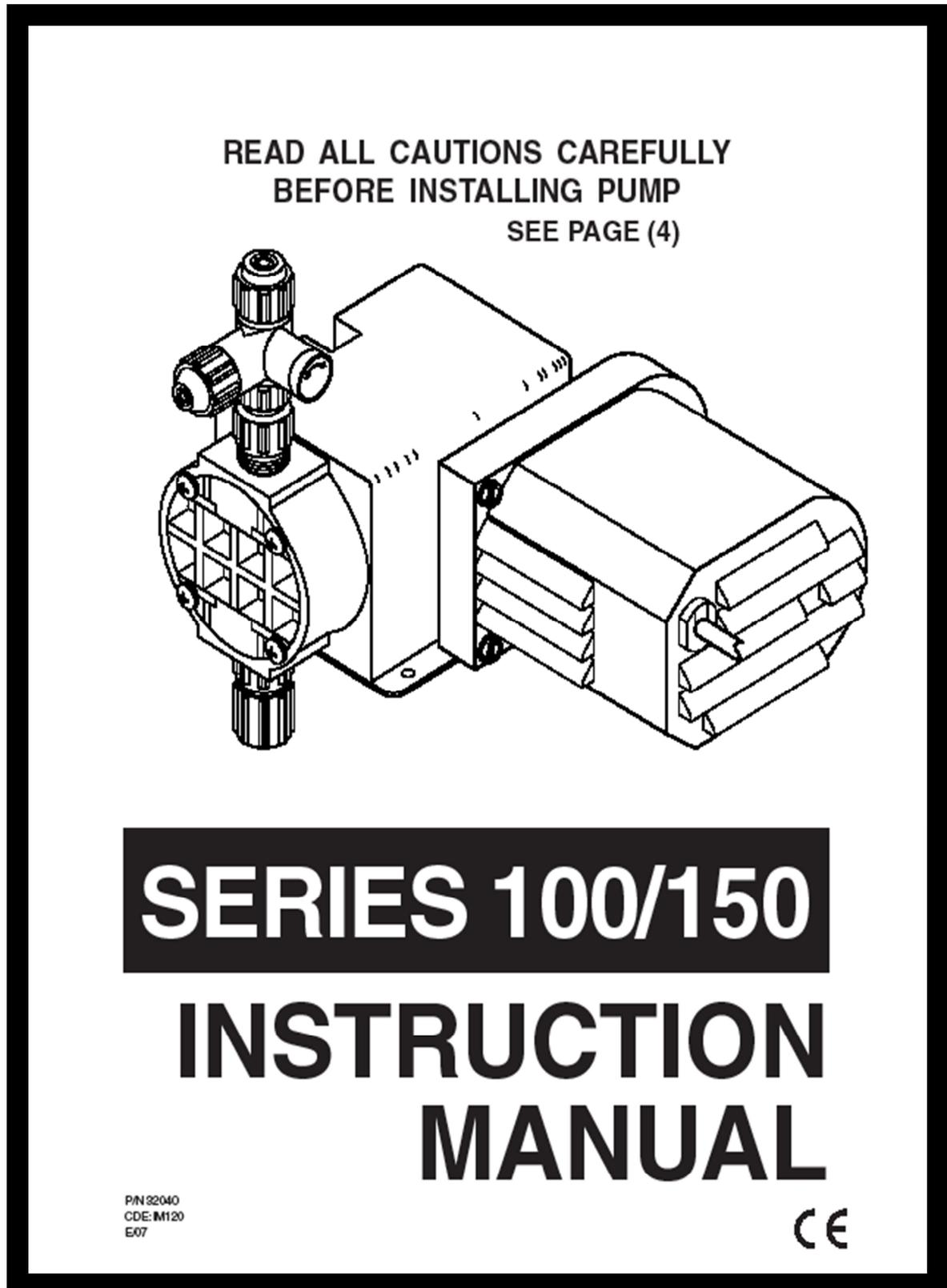


Standard Product Operations  
 87101 Mayport Road • Punta Gorda, Florida 33908  
 TEL: (841) 838-2800 • FAX: 800-880-8077  
 FAX: (841) 879-8085 • FAX: 800-850-9990  
 spc@pulsafeeder.com • www.pulsafeeder.com

Fuente: <http://www.pulsatron.com/pumps/chemtech/series100.asp>

7.11 Anexo 11: Manual de Instrucciones de la Bomba Pulsafeeder Chem  
Tech.

Ilustración 7-9, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech.



## Ilustración 7-10, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech.

## TABLE OF CONTENTS

	<u>Page</u>
SAFETY INSTRUCTIONS .....	2
INTRODUCTION .....	3
PRECAUTIONS FOR OPERATION .....	4
INSTALLATION, PIPING AND WIRING .....	5
MAINTENANCE .....	10
SERVICE AND REPAIRS .....	11
TROUBLESHOOTING .....	13
PARTS LIST (EXPLODED PUMP ASSEMBLY) .....	15
REPLACEMENT KITS (EXPLODED WET END ASSEMBLY) .....	16

## SAFETY INSTRUCTIONS

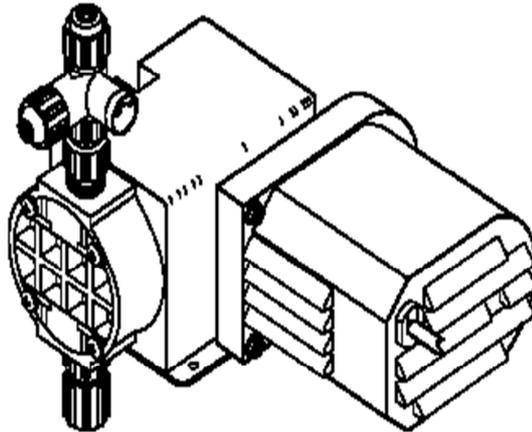
## READ ALL INSTRUCTIONS PRIOR TO USE

- \*\*\*  **DANGER**: Secure chemicals & metering pumps, making them inaccessible to children & pets.
- \*\*\* **DO NOT PUMP FLAMMABLE LIQUIDS.**
- \*\*\* Do not cut the plug or ground lug off the electrical cord. Consult a licensed electrician for proper installation or replacement.
- \*\*  **WARNING**: Always wear protective clothing, including gloves and safety glasses, when working on or near chemical metering pumps.
- \*\* Inspect tubing regularly for cracking or deterioration and replace as necessary. **(Always wear protective clothing and safety glasses when inspecting tubing.)**
- \*\* Use **CAUTION** to keep fingers away from rotating parts.
- \*\* If pump is exposed to direct sunlight, use a U.V. resistant tubing.
- \*\* Follow directions and warnings provided from the chemical manufacturer. The user is responsible for determining the chemical compatibility with the chemical feed pump.
- \*\* Make sure the voltage on the pump name tag matches the installation voltage. If pump fails to start, check line voltage.
- \*\* Consult with local health officials and/or qualified water conditioning specialists when treating potable water.
- \*\* Always depressurize system prior to installation or disconnecting the metering pump tubing.
- \*\* If injection point is lower than the chemical tank and pump, install an anti-siphon valve.
- \*\* **DO NOT MODIFY PUMP.** This poses a potentially dangerous situation and will void the warranty.
- \*  **CAUTION**: All pumps are factory tested with water. Remove tubing and thoroughly dry if the chemical being pumped will react with water (for example sulfuric acid).
- \* Hand tighten plastic connections **(Do not use wrench)**.
- \* Consult licensed plumber and electrician before installation to conform to local codes.
- \* **NOTE:** For accurate volume output, pump must be calibrated under all operating conditions.

Ilustración 7-11, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech.

## INTRODUCTION

Series 100/150 are diaphragm-type metering pumps. A fluid is pumped from a chemical storage tank to the point of injection by the pulsing action of the diaphragm. The four check valves (top and bottom of pump head, strainer assembly, and injection assembly) keep the fluid flowing toward the point of discharge. To insure the solution being pumped can only go forward, it is important that all check valves provide a positive, nonleaking backflow prevention.



The wetted end (those parts that contact the solution being pumped) is constructed of SAN, PVC, TFE, Hypalon<sup>®</sup>, and polyethylene. These materials are very resistant to most chemicals. However, there are some chemicals, such as strong acids or organic solvents, which cause deterioration of some elastomer and plastic parts, such as diaphragm, valve seat, or head. Alternate materials such as Viton<sup>®</sup>, polypropylene is available on request. Contact chemical supplier for chemical compatible materials.

### ■ MANUFACTURER'S PRODUCT WARRANTY

The manufacturer warrants its equipment of its manufacture to be free of defects in material or workmanship. Liability under this policy extends for eighteen (18) months from the date of purchase or one (1) year from date of installation or whichever comes first. The manufacturer's liability is limited to repair or replacement of any device or part which is returned, prepaid, to the factory and which is proven defective upon examination. This warranty does not include installation or repair cost and in no event shall the manufacturer's liability exceed its selling price of such part.

The manufacturer disclaims all liability for damage to its products through improper installation, maintenance, use or attempts to operate such products beyond their functional capacity, intentionally or otherwise, or any unauthorized repair. Replaceable elastomeric parts are expendable and are not covered by any warranty either expressed or implied. The manufacturer is not responsible for consequential or other damages, injuries or expense incurred through use of its products.

The above warranty is in lieu of any other warranty, either expressed or implied. The manufacturer makes no warranty of fitness or merchantability. No agent of ours is authorized to make any warranty other than the above.

For warranty and service matters within the European Union, contact the seller first or:

Pulsafeeder Europe  
Marssteden 68  
7547 AD Enschede  
The Netherlands

### EUROPEAN TECHNICAL FILE LOCATION

P.O. Box 91  
Washington  
NE371YH  
United Kingdom

## Ilustración 7-12, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech.

### PRECAUTIONS FOR OPERATION

Each Series 100/150 chemical feeder has been tested to meet prescribed specifications and certain safety standards. However, a few precautionary notes should be adhered to at all times. **THOROUGHLY READ ALL CAUTIONS PRIOR TO INSTALLING METERING PUMP.**



1. Protective fitting caps must be removed prior to installing tubing onto fitting assemblies.
2. Chemicals used may be dangerous and should be used carefully and according to warnings on the label. Follow the directions given with each type of chemical. Do not assume chemicals are the same because they look alike. Always store chemicals in a safe location away from children and others. We cannot be responsible for the misuse of chemicals being fed by the pump.
3. Always wear protective clothing (protective gloves and safety glasses) when working on or near chemical metering pumps.
4. Tampering with electrical devices can be potentially hazardous. Always place chemicals and feeder installation well out of the reach of children and others.
5. Be careful to check that the voltage of the installation matches the voltage indicated on the specification label. Each pump is equipped with a three prong plug. Whether plugging into a receptacle or wiring into a system, always be sure the feeder is grounded. If receptacle is utilized, to disconnect, do not pull wire but grip the plug with fingers and pull out.
6. Never repair or move the metering pump while operating. Always disconnect electrical current. Before handling the pump always allow sufficient time for the motor housing to cool off. Handling the pump too soon after shutdown may cause hand burns. For safety—use protective gloves.
7. All pumps are pretested with water before shipment. Remove head and dry thoroughly if you are pumping a material that will react with water, (i.e. sulfuric acid). Valve seats, ball checks, gaskets, and diaphragm should also be dried. Before placing feeder into service, extreme care should be taken to follow this procedure.
8. Arrows on the pump head and injection fitting indicate chemical flow. When properly installed, these arrows should be pointing upward.
9. When metering hazardous material **DO NOT** use plastic tubing. Strictly use proper rigid pipe. Consult supplier for special adaptors.
10. **Pump is NOT to be used to handle or meter flammable liquids or materials.**
11. Standard white polyethylene discharge tubing is not recommended for installations exposed to direct sunlight. Consult supplier for special black polyethylene tubing.
12. Manufacturer will not be held responsible for improper installation of pumps, or local plumbing conducted. All cautions are to be read thoroughly prior to hook-up and plumbing. For all installations a professional plumber should be consulted. Always adhere to local plumbing codes and requirements.
13. Note the maximum pressure rating of the metering pump. When used with pressurized systems, always be sure the pressure of the system does not exceed maximum pressure rating listed on the specification label.
14. Be sure to depressurize system prior to hook-up or disconnection of metering pump.

Ilustración 7-13, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech.

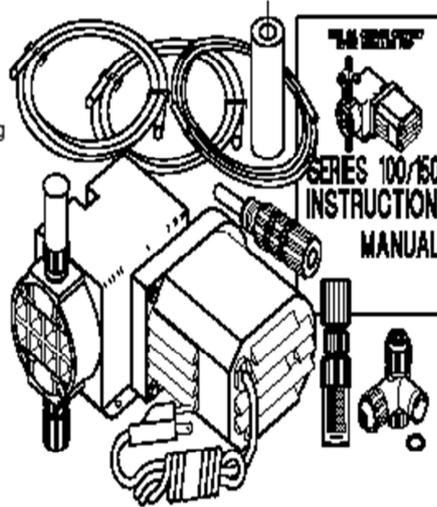
**INSTALLATION, PIPING AND WIRING**

**UNPACKING, ASSEMBLING AND MOUNTING:**

The carton should contain:

- Metering Pump
- 4 ft. (1.21 m) Clear Flexible Suction Tubing
- 4 ft. (1.21 m) Stiff White Return Tubing
- 8 ft. (2.43 m) Stiff White Discharge Tubing  
(Optional Tubing available from the factory)
- Back Check Valve Assembly
- Strainer Assembly w/Tube Weight
- Instructions
- Bleed Valve Assembly

Feeder can be mounted on a wall shelf bracket (Figure B), tank stand platform (Figure C), directly on the wall (Figure D), or directly on the tank cover (Figure E).



**IMPORTANT:** Injection point must be higher than top of solution tank to prohibit gravity feeding. Maximum head in meters is 70mH<sub>2</sub>O for Series 100 Model pumps and 42mH<sub>2</sub>O for Series 150 Model pumps.

To mount the feeder directly on the wall, place the feeder base against the wall with the motor below the pumping head, remove four head mounting bolts, and turn head quarter turn so suction is in bottom position.

**NOTE:** Make sure the arrow on the outside of the pump head is pointing upward.  
The pump must be positioned so that the plug is accessible.

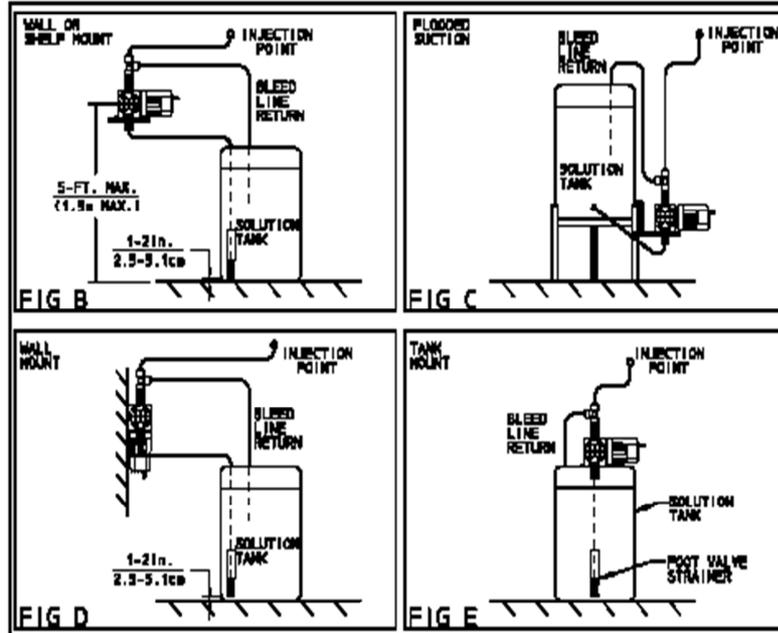
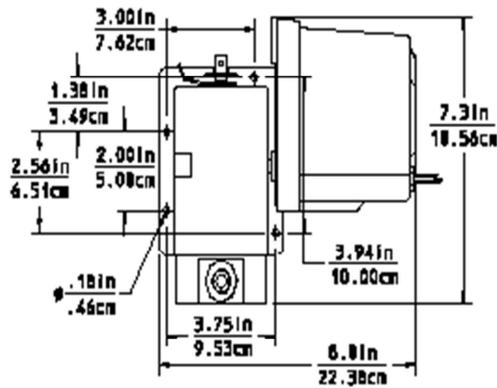


Ilustración 7-14, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech.

Flooded suction mounting (installing feeder at the base of tank on a platform) is the most trouble free type of installation. (Tank stands and platforms are available for all size feeders and tanks). The pump is secured on the platform, then the clear suction tubing is attached to a bulkhead fitting assembly and the suction valve housing on the pump head. Since the suction tubing is always filled with solution, priming is accomplished much more quickly and the chance of losing prime on an installation, where the feeder is used only a few hours a day, is greatly reduced.

The feeder comes with a bleed valve assembly that attaches to the discharge valve in the pump head. The bleed valve allows you to manually prime the feeder and depressurize the discharge line without disconnecting the feeder from the tubing connections.



MOUNTING HOLE PATTERN

NOTE: To operate without bleed valve, replace bleed valve (item #49) and 0.38 in. (0.96 cm) -tubing size discharge valve housing (item #42) with a 0.50 in. (1.27 cm) -tubing size discharge valve housing (item #42) and coupling nut (item #43). See page 16 (Wet End Assembly). Items #42 and #43 are available from factory.

Remove protective caps and assemble tubing and fittings to the feeder (Fig. G).

**CAUTION:** Do not force fittings — HANDTIGHTEN ONLY.

Do not use additional sealants, such as pipe tape, on fittings.

**CAUTION:** If water is used to dissolve solid chemicals or create a dilute solution, the chemical tanks should be manually filled or an approved means must be used to prevent a cross connection between the chemical tank contents and the potable water line. Check local plumbing regulations.

**CHEMICAL INJECTION:**

Chemical injection into an open tank: The discharge tubing can be placed in an open tank with or without the injection valve assembly. Each feeder is shipped with a spring loaded backcheck injection valve. This assists in a positive seal on the discharge side of the pump head preventing back flow.

Pumps carrying the 'NSF' or the 'ETL Sanitation' (tested to NSF standard-50) approval are listed for swimming pools, spas, and hot tubs, and when proper materials are selected, are capable of handling but not limited to the following chemical solutions.

- 12 1/2% sodium hypochlorite
- 2% calcium hypochlorite
- 12% aluminum sulfate
- 10% hydrochloric acid
- 10% sodium hydroxide
- 5% sodium carbonate

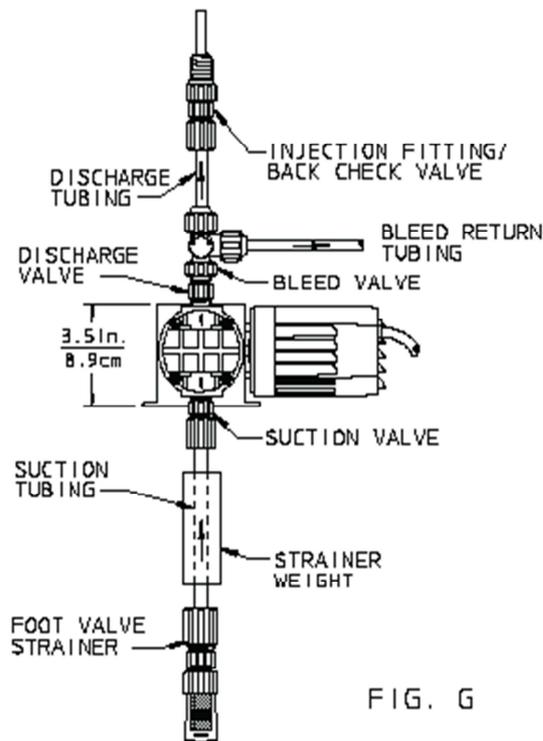


FIG. G

## Ilustración 7-15, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech.

**INSTALLATION INTO A WELL PUMPSYSTEM:**

Make sure the voltage of the feeder matches the voltage of the well pump. Install the injection fitting into a tee which is installed into the water line going to the pressure tank. The end of the injection check valve should be in the main stream of the water line. A typical installation is shown in Figure H. For installation of pump for operating swimming pools, pump is to be supplied by an isolating transformer or thru an "RCD" (residual current device).

**NOTE:** It is recommended to install the injection assembly in a vertical position on the bottom side of the water line (Figure J). This will insure proper sealing of the injection assembly check valve and prevent a back flow into the feeder's discharge line. Be sure arrow on injection fitting is pointing upward.

**DOWN-THE-WELL INSTALLATION:**

Often it is desirable to provide chemical feed near the intake of the well pump for additional retention time and mixing of the chemicals. An additional length of discharge tubing will be required for this installation. Secure the end of the discharge tubing to the pump cylinder, drop pipe, or foot valve and lower it into the well. An anti-siphon valve must be installed on systems such as this where the discharge is lower than the feeder and the chemical storage tank. Failure to install anti-siphon valve may allow siphoning to occur.

**ANTI-SIPHON VALVE: (optional)**

Under any installation condition where the possibility of siphoning or suction may occur on the discharge side of the pump, install an anti-siphon valve on the discharge side of the feeder. The anti-siphon valve is not part of the standard package. This item can be furnished by your dealer at extra cost.

**PRESSURE RELIEF VALVE: (optional)**

All Series 100/150 chemical pumps are rated to pump against a line pressure of 100 PSI (7 BAR). If the line pressure on an installation could fluctuate above 100 PSI (7 BAR), install a pressure relief valve on the discharge side of the pump head. Once the pressure reaches a certain level, the pre-set relief valve will return the solution being pumped back to the solution tank. This will prevent motor burnout or diaphragm rupture. The relief valve is not part of the standard package. This item can be furnished by your dealer at extra cost. Read relief valve instructions carefully before installing.

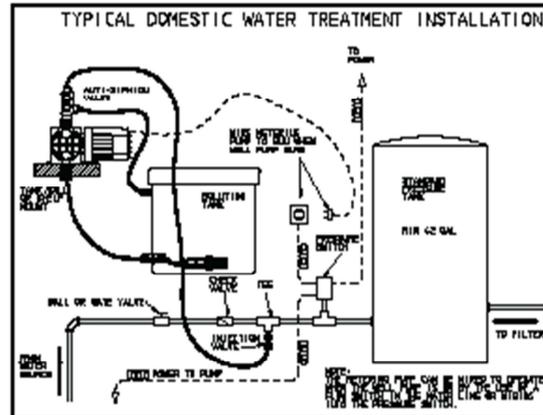


FIG. H

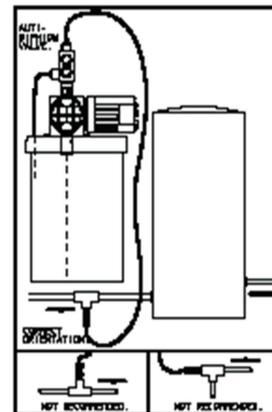


FIG. J

**Ilustración 7-16, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech.****HAND TIGHTEN FITTINGS:**

When connecting tubing to suction and discharge fittings, the coupling nuts should be tightened hand tight only. Excessive tightening can cause cracks in pump head.

**POINT OF INJECTION:**

Pipe corrosion can result if dilution at the injection point does not occur rapidly. This problem is easily prevented by observing this simple rule: install injection fitting so that the end is in the flow stream of the line being treated.

**NOTE:** Extended injection assemblies are available for large water lines. Consult your dealer.

**COMMON ERRORS IN THE INJECTION OF CHEMICALS:**

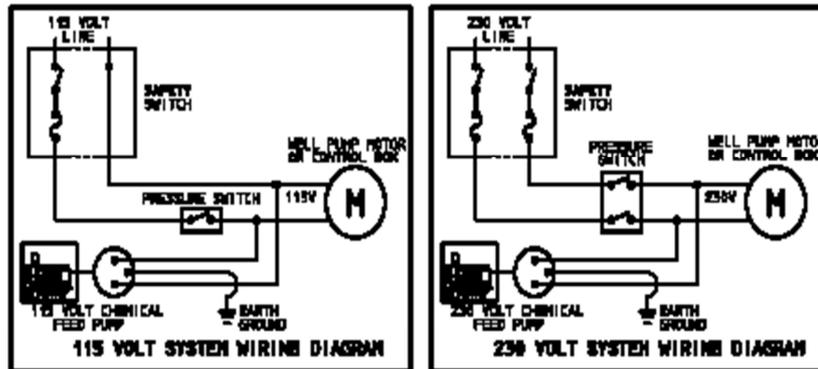
Do not insert the injection fitting into a pipe stub in the tee. A full strength solution will often cause corrosion or scale in the pipe stub when it is not in the flowing stream (*Figure J*). The maximum lift of the chemical feeder is five feet. Be sure not to exceed this height. **It is very important that the arrow on the fittings and the pump head point vertically upward in order to prevent backflow.** Arrows indicate the proper flow of the chemical.

Ilustración 7-17, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech.

**POWER**

The standard chemical feeder is available in 115 volt 60 cycle single phase. 230 volt 60 cycle and 230 volt 50 cycle single phase can also be made available upon request.

**CAUTION:** Be sure the voltage of the feeder matches the power supply. (Figure M)



**PRIMING**

**FIG. M**

**CAUTION:** All pumps are tested with water. If the chemical to be pumped reacts when mixed with water (e.g. sulfuric acid, polymer) the pump head should be removed and dried thoroughly along with the diaphragm and valve seats.

If the discharge line is connected directly to a pressurized system it should be temporarily bypassed during priming of the pump. This pump is equipped with a bleed valve to simplify this operation by allowing easy bypass of the discharge fluid. All air must be purged from the pump head before the pump will pump against pressure. Turn on the power to the pump. Loosen the locking lever by turning it counter-clockwise and turn the output adjusting knob counter-clockwise to full capacity, (one full turn only) then tighten the locking lever by turning clockwise to a hand tight position. Solution should be primed to the head within a few minutes. (Refer to Figure K)

**Air Bleed Operation:**

- A) While pump is running, turn adjustment screw counter-clockwise.
- B) Run with valve open until a solid stream of fluid comes out of the bypass tubing (0.25 in (0.63 cm) ID x 0.38 in (0.96 cm) OD) supplied with valve, no air bubbles.
- C) Close air bleed valve by turning adjustment screw clockwise.

**NOTE:** The feeder is adjustable only while running, never force the knob. Do not turn the adjustment knob while the pump is stopped. If the solution hasn't reached the head in a few minutes, disconnect power to the pump, make sure the system is depressurized, remove the discharge tubing and discharge fitting and dampen the discharge valve area (ball check and valve seats) with a few drops of solution being fed by the pump. For safety, use protective gloves and safety glasses and a proper container to hold chemical. Replace the fitting and tubing and restart the pump.

Turn the power on once more and adjust the pump to the proper rate, using the locking lever as before.

**CAUTION:** When working on or around a metering pump installation, protective gloves and safety glasses should be worn at all times.

**CAUTION:** Check calibration of the pump before leaving the installation site. A test for chemical residual in the treated water is the best indication of the correct pump setting.

## Ilustración 7-18, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech.

**MAINTENANCE****SCALE: GASKETS AND CHECK VALVES**

When checking the metering pump or providing routine maintenance, replace all valve seats or ball checks if any of them show any wear or deterioration. (Valve seats should be checked approximately every 4-6 months depending upon the application.) Repeated deterioration of valve seats and other rubber or plastic parts within a few months period usually indicates another material should be used for the defective part. Contact your supplier or see the parts list for parts affected for possible alternate materials..

**OUTSIDE INSTALLATION:**

In many areas where freezing conditions are not a problem it is common to install a metering pump outside. Adequate protection should be provided to keep the pump from being exposed to direct sunlight or rain. Any simple covering adequately ventilated will afford the necessary protection from weather. **NOTE:** When discharge tubing is exposed to direct sunlight, black polyethylene tubing should be used in lieu of the stiff white translucent tubing supplied with each pump.

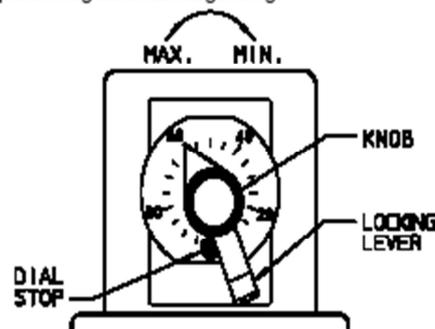
**SOLUTION TANK:**

Check the solution tank for settling of chemicals. If there is sludge on the bottom of the solution tank, clean the strainer, the foot valve, and the solution tank. Installing the foot valve a few inches above the bottom of the tank will prevent future clogging. **NOTE:** If the chemical being pumped regularly precipitates out of solution or does not dissolve easily or completely ( calcium hydroxide), mixers are readily available in different motor configurations and mountings.

**OUTPUT ADJUSTING KNOB:**

Sometimes the output adjusting knob can move on its shaft and cause a false output indication. This can happen if the knob set-screw slips or if the unit is disassembled for any reason. The unit can be reset to "0" as follows:

1. Remove the dial stop.
2. With the pump running, loosen the locking lever and turn the adjusting knob counter-clockwise until it is "loose" to touch.
3. SLOWLY rescrew the knob clockwise, using very light finger pressure. It will soon start to advance in pulses as the internal cam comes in and out of contact.
4. When light finger pressure will no longer allow movement of the knob between cam contacts, grasp the knob securely and tighten the locking lever (turning clockwise) making sure that the knob does not move. To check for zero point, turn on pump. There should be no liquid coming out of discharge fitting.
5. Replace dial stop.
6. If the pointer is not at "0", loosen the set-screw on the knob (use a .078 in Hex key), and turn pointer to '0', then retighten the set-screw while holding the knob in place.
7. A setting of '0' will now give zero output. One full revolution of the knob counter clockwise will give maximum output. The knob should never be turned more than one full revolution.

**FIG. K**

10 of 16

## Ilustración 7-19, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech.

## SERVICING AND REPAIRS

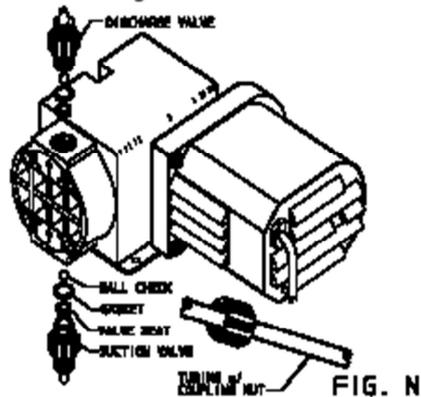
## REPLACEMENT OF PUMP HEAD ASSEMBLY OR DIAPHRAGM:

**CAUTION:** Before performing any repairs on Series 100/150 chemical feeders, be sure to disconnect all electrical connections and relieve pressure from suction/discharge tubing.

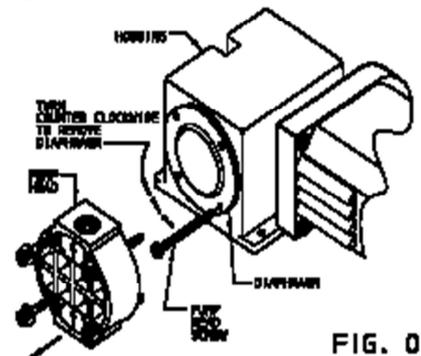
The Series 100/150 feeder was designed so that servicing can be quick and simple. Proper part replacement procedures are described below.

**NOTE:** Use protective gloves and safety glasses when working on or around chemical feeder.

1. Disconnect the tubing. Remove the suction valve and discharge valve being careful not to lose the ball checks and any other small parts. (Figure N)
2. Remove the four screws from the face of the head and remove the head.
3. Remove the diaphragm by inserting one or two of the head bolts into the holes of the diaphragm and turning counter-clockwise. (Figure O)
4. A new pump head or diaphragm should be installed if either is broken or cracked (see parts list at the end of this manual). The new pump head can be installed by going through the above steps in reverse.



5. Be sure the drive bracket assembly is in the fully retracted position when installing the new diaphragm. Install the new diaphragm by screwing it in hand tight, then, back off one-fourth turn or until screw holes are lined up.
6. Replace the head and the head screws, being certain the discharge fitting is up. NOTE: Arrow on outside of pump head should be in vertical position pointing upward. Tighten the head screws evenly and carefully to prevent cracking the head.
7. Replace the suction and discharge fittings making sure all gaskets and valves are fitted properly. Do not use teflon tape or other sealants. **HAND TIGHTEN ONLY.** Restart the system as in the start up procedures (INSTALLATION).



**Ilustración 7-20, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech.****BALL CHECKS AND VALVE SEAT REPLACEMENT:**

The following procedure is the same for any of the four valves.

**CAUTION:** Make sure all electrical connections are disconnected and pressure valves off.

**NOTE:** Use protective gloves and safety glasses while replacing parts.

1. Unscrew compression nut and remove tubing.
2. Unscrew check valve body from pump head, foot valve, or injection fitting.
3. Remove all seats, ball checks, and gaskets and replace.
4. Replace the check valve body so fitting makes contact with the gasket and the pump head, foot valve or injection fitting, whichever the case may be. **HAND TIGHTEN FITTINGS ONLY.** Do not use pipe tape or other sealants on these threads.
5. Re-install the tubing and tighten coupling nut **HAND TIGHT.**
6. Restart the system as in the **INSTALLATION PROCEDURES.**

Ilustración 7-21, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech.

## TROUBLESHOOTING

PROBLEM	PROBABLE CAUSE	REMEDY
LOSS OF CHEMICAL RESIDUAL	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pump setting too low</li> <li>2. Scale at injection point</li> <li>3. Solution container allowed to run dry</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Adjust to higher setting (feeder must be operating during the stroke length adjustment).</li> <li>2. Clean injection parts with 8% muriatic acid or undiluted vinegar. See Maintenance Section.</li> <li>3. Refill the tank with solution and prime. See Start-Up Section.</li> </ol>
TOO MUCH CHEMICAL	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Feeder setting too high</li> <li>2. Chemical in solution tank too rich</li> <li>3. Siphoning of chemical into well or main line</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lower feeder setting (feeder must be operating to adjust the dial).</li> <li>2. Dilute chemical solution. NOTE: For chemical that reacts with water, it may be necessary to purchase a more dilute grade of chemical direct from chemical supplier.</li> <li>3. Test for suction or vacuum at the injection point. If suction exists, install an anti-siphon valve. See Figure G.</li> </ol>
LEAKAGE AROUND TUBING CONNECTIONS	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Worn tube ends</li> <li>2. Chemical attack</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cut off end of tubing (about 1") and then slip on as before or replace suction valve housing and compression fitting to prevent leakage.</li> <li>2. Consult your chemical supplier for compatible materials.</li> </ol>
FAILURE TO PUMP OR FEED	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Leak in suction side of pump</li> <li>2. Valve seats not sealing</li> <li>3. Low setting on feeder</li> <li>4. Low solution level</li> <li>5. Diaphragm ruptured</li> <li>6. Pump head cracked or broken</li> <li>7. Pumphead contains air or chlorine gas</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Examine suction tubing. If worn at the end, cut approximately an inch off and replace or replace valve body and coupling nut.</li> <li>2. Clean valve seats if dirty or replace with proper material if deterioration is noted.</li> <li>3. When pumping against pressure, the dial should be set above 40% maximum rated capacity for a reliable feed rate.</li> <li>4. Solution must be above foot valve.</li> <li>5. Replace diaphragm as shown in "Service" Section. Check for pressure above 100 PSI (7 BAR) at the injection point. NOTE: Chemical incompatibility with diaphragm material can cause diaphragm rupture and leakage around the pump head.</li> <li>6. Replace pump head as shown in "Service" Section. Do not use pipe tape or other sealants. Make sure fittings hand tight only. Using pliers or wrench can crack pump head. Also, chemical incompatibility can cause cracking and subsequent leakage.</li> <li>7. While pump is running, turn bleed valve adjustment screw counter-clockwise until air is purged. Close bleed valve.</li> </ol>
UNIT LOSES PRIME	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dirty check valve</li> <li>2. Ball checks not seating or not sealing properly</li> <li>3. Solution container allowed to run dry</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Remove and replace or clean off any scale or sediment.</li> <li>2. Check seat and ball checks for chips, clean gently. If deformity or deterioration is noted, replace part with proper material. Chemical crystallization can hold check valves open, therefore the valves must be disassembled and cleaned. Be sure to replace all parts as shown in the Parts Diagram (at the end of the manual).</li> <li>3. Refill the tank with solution and prime.</li> </ol>

Ilustración 7-22, Manual de Instrucciones Bomba Chem Tech.

PROBLEM	PROBABLE CAUSE	REMEDY
LEAKAGE AT FITTING	<ol style="list-style-type: none"> <li>Loose fittings</li> <li>Broken or twisted gasket</li> <li>Chemical attack</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>All fittings can be hand tightened to prevent leakage. Clean off chemicals which have spilled on feeder.</li> <li>Check gaskets and replace if broken or damaged.</li> <li>Consult your chemical supplier for compatible materials.</li> </ol>
FEEDER WILL NOT PRIME	<ol style="list-style-type: none"> <li>Too much pressure at discharge</li> <li>Check valves not sealing</li> <li>Output dials not set at maximum</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Open bleed valve and circulate fluid until all air is purged from pump head assembly. Close bleed valve.</li> <li>Disassemble, loosen, clean and check for deterioration or swelling. Reassemble and wet the valve assembly, then prime. See INSTALLATION Section.</li> <li>Always prime pump with output dial set at maximum rated capacity.</li> </ol>
ANTI-SIPHON VALVE MALFUNCTION	<ol style="list-style-type: none"> <li>Scale or particles have plugged diaphragm</li> <li>Ruptured valves</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Remove, clean and reassemble, being careful not to wrinkle the diaphragm. Check sequence and position of parts to be sure reassembly is correct.</li> <li>Consult your distributor for replacement.</li> </ol>
PUMP MOTOR STALLS	<ol style="list-style-type: none"> <li>Pumping against excessive pressure</li> <li>Low voltage to feeder</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Test pressure to determine if it exceeds feeder specifications. If so, consult your distributor.</li> <li>Make sure voltage of power source matches the voltage on the feeder specifications label. If not transformers are available.</li> </ol>
MOTOR RUNNING VERYHOT	<ol style="list-style-type: none"> <li>Low voltage.</li> <li>If using a stepdown transformer, it may be undersized for the feeder</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Power supply voltage should match voltage on feeder specification label.</li> <li>Check the transformer to be sure it has at least 100 watts capacity.</li> </ol>