

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

COLEGIO POLITECNICO

INGENIERIA INDUSTRIAL

**Diseño Experimental para el Mejoramiento de la Calidad: Optimización
de la línea de producción Bühler 600 de fideo laminado formato fantasía
en la empresa Fideos PACA**

Adrian Holguín

Wilson Rivera

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero
Industrial.

Quito, Diciembre del 2008

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

COLEGIO POLITECNICO

HOJA DE APROBACION DE TESIS

**Diseño Experimental para el Mejoramiento de la Calidad: Optimización
de la línea de producción Bühler 600 de fideo laminado formato fantasía
en la empresa Fideos PACA**

Adrian Holguín

Wilson Rivera

Danny Navarrete, MsC.

Director de la Tesis y
Miembro del Comité de Tesis

Ximena Córdoba, Ph.D.

Miembro del Comité de Tesis

Patricio Cisneros, MsC.

Miembro del Comité de Tesis

Fernando Romo, MsC.

Decano del Colegio de Ciencias e Ingeniería "El Politécnico"

Quito, Diciembre 2008

© Derechos de autor

Adrian Holguín

Wilson Rivera

2008

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
TABLAS	IX
ILUSTRACIONES	XI
GRÁFICAS DE CONTROL	XIII
PRUEBAS	XIV
ECUACIONES	XV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
INTRODUCCION.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1.- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO	3
1.2.- OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS DEL PROYECTO:	5
1.2.1.- Generales:	5
1.2.2.- Específicos:	5
1.3.- CONCEPTOS GENERALES:.....	6
1.3.1.- Control de Calidad.-	6
1.3.2.- Teoría del Muestreo.-	6
1.3.3.- Estadístico.-	7
1.3.4.- Parámetro:	7
1.3.5.- Población:	7
1.3.6.- Muestra:	7
1.4.- CONCEPTOS DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS:	8
1.4.1.- Histograma.....	8
1.4.2.- Hojas de Verificación	9
1.4.3.- Diagrama de Pareto.....	9
1.4.4.- Diagrama de Causa – Efecto.....	10

1.4.5.- Diagrama de Dispersión.....	10
1.4.6.- Gráficas de Control	10
1.5.- CONCEPTOS DE DISEÑO EXPERIMENTAL	13
1.6.- CONCEPTOS GENERALES DE LA INDUSTRIA DE LAS PASTAS	16
2. DIAGNÓSTICO INICIAL DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN BÜHLER 600	20
2.1.- DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	20
2.2.- TIPOLOGÍA DE PROCESOS:	21
2.2.1.- Procesos Estratégicos:	21
2.2.1.1.- Planificación Financiera:.....	21
2.2.1.2.- Captación y Retención de Mercados:.....	21
2.2.2.- Procesos Productivos:.....	21
2.2.2.1.- Investigación y Desarrollo Nuevos Productos:	21
2.2.2.2.- Publicidad y Mercadeo:.....	21
2.2.2.3.- Aseguramiento de Calidad:	22
2.2.2.4.- Comercialización:	22
2.2.2.5.- Fabricación:.....	22
2.2.2.6.- Servicio al Cliente Post-Venta:	23
2.2.3.- Procesos de Apoyo:	23
2.2.3.1.- Recursos Humanos:.....	23
2.2.3.2.- Compras y Adquisiciones:	23
2.2.3.3.- Procesos Administrativos:.....	23
2.2.3.4.- Procesos Tecnológicos:	24
2.3.- ICOMS DE LOS PROCESOS	25
2.3.1.- ICOM Nivel 0.....	25
2.3.2.- ICOM Nivel 3	26
2.3.3.- ICOM Nivel 4.....	27
2.4.- DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN BÜHLER 600	28
2.4.1.- Descripción del Funcionamiento del Proceso de Fabricación del Fideo Laminado (Línea Bühler 600).....	28
2.4.2.- Descripción del Proceso elegido para el Estudio:	29

2.5.- DIAGRAMAS DE FLUJO:	31
2.5.1.- Diagrama de Flujo del Proceso de Fabricación del Fideo Laminado (Línea Bühler 600).	31
2.5.2.- Diagrama de Flujo del Proceso de Formado del Fideo Laminado (Línea Bühler 600).	32
2.6.- DIAGNÓSTICO ACTUAL DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN	33
2.6.1.- Contenido Básico:	33
2.6.2.- Características de la Calidad de la Pasta:	34
2.6.3.- Reconocimiento de las variables utilizadas para el Proyecto:	35
3. ESTABILIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL CEP.....	38
3.1.- PLAN DE MUESTREO	38
3.1.1.- Porcentaje de Desperdicio	38
3.1.2.- Porcentaje de Humedad	40
3.1.3.- Espesor de la Tela.....	41
3.2.- GRÁFICAS DE CONTROL	42
3.2.1.- Medición del Peso (Kg) del Desperdicio de la Pasta Laminada (Fideo Fantasía)	44
3.2.1.1.- Determinación de Causas Asignables para el Peso (Kg) del Desperdicio. ..	46
3.2.2.- Medición del Porcentaje de Humedad de la Pasta Laminada (Fideo Fantasía) .	50
3.2.2.1.- Determinación de Causas Asignables para el Porcentaje de Humedad de la Pasta Laminada.....	52
3.2.2.2.- Cálculos de capacidad del Proceso de Secado de la Pasta Laminada	56
3.2.3.- Medición de los Espesores de la Tela:	57
3.2.3.1.- Determinación de Causas Asignables para el Espesor de la Tela	59
4. DISEÑO EXPERIMENTAL	67
4.1.- IDENTIFICACIÓN Y ENUNCIACIÓN DEL PROBLEMA:	67
4.2.- ELECCIÓN DE LOS FACTORES, LOS NIVELES Y LOS RANGOS:	69
4.3.- SELECCIÓN DE LA VARIABLE DE RESPUESTA:	71
4.4.- ELECCIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL:	72

4.5.- REALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO	75
4.6.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS:	77
4.6.1.- TABLA ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL DESPERDICIO (KG)	77
4.6.1.1.- Análisis de la Regresión Lineal del Modelo Completo:.....	80
4.6.1.2.- Análisis del Grafico de Probabilidad Normal.....	83
4.6.1.3.- Análisis del Grafico de los Residuales contra la Valores Ajustados:.....	84
4.6.2.- TABLA ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL MODELO REDUCIDO DE DESPERDICIO (KG)	86
4.6.2.1.- Análisis de la Regresión Lineal del Modelo Reducido:	89
4.6.2.2.- Análisis del Grafico de Probabilidad Normal.....	92
4.6.2.4.- Análisis del Gráfico de los Residuales contra los Valores Ajustados:	93
4.6.3.- TABLA ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA HUMEDAD (%)	95
4.6.3.1.- Análisis de la Regresión Lineal del Modelo Completo:.....	98
4.6.3.2.- Análisis del Grafico de Probabilidad Normal.....	101
4.6.1.3.- Análisis del Gráfico de los Residuales contra los Valores Ajustados:	102
4.6.4.- TABLA ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA HUMEDAD (%) MODELO REDUCIDO	104
4.6.4.1.- Análisis de la Regresión Lineal del Modelo Reducido:	107
4.6.4.2.- Análisis del Grafico de Probabilidad Normal.....	110
4.6.4.3.- Análisis del Gráfico de los Residuales contra los Valores Ajustados:	111
4.7.- CONCLUSIONES DEL EXPERIMENTO:	113
5. PROPUESTA DEL PLAN DE MEJORA.....	114
5.1.- DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE MEJORA:.....	114
5.2.- DESARROLLO DEL PLAN DE MEJORA:	115
5.2.1.- Plan de Mejora del Desperdicio (Kg):.....	115
5.2.2.- Plan de Mejora de la Humedad (%):	117
5.3.- CONCLUSIONES:.....	121
6. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS A TRAVÉS DE UNA PRUEBA PLAN PILOTO.....	122
7. CONCLUSIONES	124

8. BIBLIOGRAFÍA	127
9. ANEXOS.....	128

TABLA CONTENIDO

TABLAS

	Pág.
<i>Tabla 1. Requisitos de Calidad Pasta. Análisis de Laboratorio y Normas INEN.....</i>	17
<i>Tabla 2. Parámetros de la Calidad de la Pasta.</i>	34
<i>Tabla 3. Tabla de Análisis de Causa y Efecto.....</i>	36
<i>Tabla 4. Pruebas de Control sobre la gráfica X de la medición del Desperdicio.</i>	45
<i>Tabla 5. Pruebas de Control sobre la gráfica del Rango de la medición del Desperdicio.</i>	45
<i>Tabla 6. Pruebas de Control sobre la gráfica X de la medición del Porcentaje de Humedad</i>	51
<i>Tabla 7. Pruebas de Control sobre la gráfica del Rango de la medición del Porcentaje de Humedad.....</i>	51
<i>Tabla 8. Pruebas de Control sobre la gráfica X de la medición del Espesor de Tela.....</i>	58
<i>Tabla 9 Pruebas de Control sobre la gráfica del Rango de la medición del Espesor de Tela.</i>	58
<i>Tabla 10. Coeficientes Bondad de Ajuste para los valores de Espesor de Tela.</i>	65
<i>Tabla 11. Tabla para la Realización del Diseño Experimental</i>	74
<i>Tabla 12. Tabla de ANOVA para el Desperdicio (Kg). Modelo Completo.....</i>	77
<i>Tabla 13. Tabla de Análisis entre Valor F vs Valor F Estadístico. Desperdicio (Kg).....</i>	79
<i>Tabla 14. Cálculo de los Valores de Desperdicio con la Regresión Lineal. Modelo Completo.....</i>	81
<i>Tabla 15. Tabla de ANOVA para el Desperdicio (Kg). Modelo Reducido.</i>	86
<i>Tabla 16. Cálculo de los Valores de Desperdicio con la Regresión Lineal. Modelo Reducido.</i>	90
<i>Tabla 17. Tabla de ANOVA para la Humedad (%). Modelo Completo.</i>	95
<i>Tabla 18. Tabla de Análisis entre Valor F vs Valor F Estadístico. Humedad (%).....</i>	96
<i>Tabla 19. Cálculo de los Valores de Desperdicio con la Regresión Lineal. Modelo Completo.....</i>	99
<i>Tabla 20. Tabla de ANOVA para la Humedad (%). Modelo Reducido.</i>	104

<i>Tabla 21. Cálculo de los Valores de Humedad con la Regresión Lineal. Modelo Reducido.</i>	108
<i>Tabla 22. Calculo de Desperdicios con Modelo de Regresión Lineal. (Valores Óptimos por la Empresa)</i>	115
<i>Tabla 23. Calculo del Porcentaje de Humedad con Modelo de Regresión Lineal. (Valores Óptimos por la Empresa)</i>	117

TABLA CONTENIDO

ILUSTRACIONES

	Pág.
<i>Ilustración 1. ICOM Nivel 0. Macro-Proceso Fideos PACA.</i>	25
<i>Ilustración 2. ICOM Nivel 3. Proceso Productivo de Fabricación Fideo Laminado.</i>	26
<i>Ilustración 3. ICOM Nivel 4. Proceso Productivo de Formado Fideo Laminado.....</i>	27
<i>Ilustración 4. Diagrama de Flujo del Proceso de Fabricación Fideo Laminado.....</i>	31
<i>Ilustración 5. Diagrama de Flujo del Proceso de Formado Fideo Laminado.....</i>	32
<i>Ilustración 6. Gráfica de Pareto de Causas de Parámetros Incumplidos</i>	37
<i>Ilustración 7. Hoja de Recolección de Datos Diseño Experimental</i>	76
<i>Ilustración 8. Histograma del Desperdicio vs. Valores Ajustados Desperdicio. Modelo Completo.....</i>	82
<i>Ilustración 9. Gráfico de Probabilidad normal de los Residuos. (Desperdicio)</i>	83
<i>Ilustración 10. Gráfica de los Residuales vs. Valores Ajustados Desperdicio</i>	84
<i>Ilustración 11. Gráfico de la Interacción de los Factores Significativos del Modelo Reducido. Desperdicio.....</i>	87
<i>Ilustración 12. Histograma del Desperdicio vs. Valores Ajustados Desperdicio. Modelo Reducido.</i>	91
<i>Ilustración 13. Gráfico de Probabilidad normal de los Residuos. (Desperdicio) Modelo Reducido</i>	92
<i>Ilustración 14. Gráfica de los Residuales vs. Valores Ajustados Desperdicio. Modelo Reducido</i>	93
<i>Ilustración 15. Histograma de la Humedad vs. Valores Ajustados Humedad. Modelo Completo.....</i>	100

<i>Ilustración 16. Gráfico de Probabilidad normal de los Residuos. (Humedad). Modelo Completo.....</i>	<i>101</i>
<i>Ilustración 17. Gráfica de los Residuales vs. Valores Ajustados Humedad. Modelo Completo.....</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 18. Gráfico de la Interacción de los Factores Significativos Modelo Reducido. Humedad (%)......</i>	<i>105</i>
<i>Ilustración 19. Histograma de la Humedad vs. Valores Ajustados Humedad. Modelo Reducido.</i>	<i>109</i>
<i>Ilustración 20. Gráfico de Probabilidad normal de los Residuos. (Humedad). Modelo Reducido.</i>	<i>110</i>
<i>Ilustración 21. Gráfica de los Residuales vs. Valores Ajustados Humedad. Modelo Reducido.</i>	<i>111</i>
<i>Ilustración 22. Gráfico 3D de la superficie de la Interacción de los Factores. Desperdicio</i>	<i>119</i>
<i>Ilustración 23. Gráfico 3D de la superficie de la Interacción de Factores. Humedad.....</i>	<i>120</i>

TABLA CONTENIDO

GRÁFICAS DE CONTROL

	Pág.
<i>Gráficas de Control 1. Medición del Desperdicio de la Pasta Laminada (1^{er} proceso, Fase 1).</i>	44
<i>Gráficas de Control 2. Medición del Desperdicio. Proceso Bajo Control.</i>	47
<i>Gráficas de Control 3. Medición del Porcentaje de Humedad Pasta Laminado (1^{er} proceso, Fase 1).</i>	50
<i>Gráficas de Control 4. Medición del Porcentaje de Humedad Pasta Laminado. Proceso Bajo Control</i>	53
<i>Gráficas de Control 5. Medición del Espesor de Tela de Pasta (cm) (1^{er} proceso, Fase 1).</i>	57
<i>Gráficas de Control 6. Medición del Espesor de Tela de Pasta. Proceso Bajo Control</i>	60

TABLA CONTENIDO**PRUEBAS**

	Pág.
<i>Pruebas 1. Prueba de Normalidad (Desperdicio en Kg)</i>	48
<i>Pruebas 2. Prueba de Normalidad con Histograma (Desperdicio en Kg).</i>	49
<i>Pruebas 3. Prueba de Normalidad (% Humedad)</i>	54
<i>Pruebas 4. Prueba de Normalidad con Histograma (% Humedad)</i>	55
<i>Pruebas 5. Prueba de Normalidad (Espesor de Tela cm).....</i>	61
<i>Pruebas 6. Prueba de Normalidad con Histograma (Espesor de Tela cm).....</i>	62
<i>Pruebas 7. Pruebas de Normalidad para la Transformación de los Datos de Espesor de Tela</i>	63
<i>Pruebas 8. Pruebas de Ajuste para los Datos de Espesor de Tela</i>	64

TABLA CONTENIDO

ECUACIONES

	Pág.
<i>Ecuación 1. Cálculo de la Desviación Estándar del Proceso de Secado</i>	56
<i>Ecuación 2. Cálculo de la Capacidad del Proceso de Secado.....</i>	56
<i>Ecuación 3. Regresión Lineal para el Desperdicio. Modelo Completo</i>	80
<i>Ecuación 4. Regresión Lineal para el Desperdicio. Modelo Completo.</i>	80
<i>Ecuación 5. Regresión Lineal para el Desperdicio. Modelo Reducido.</i>	89
<i>Ecuación 6. Regresión Lineal para el Desperdicio. Factores Significantes.....</i>	89
<i>Ecuación 7. Regresión Lineal para la Humedad. Modelo Completo.....</i>	98
<i>Ecuación 8. Regresión Lineal para la Humedad. Modelo Completo.....</i>	98
<i>Ecuación 9. Regresión Lineal para la Humedad. Modelo Reducido.</i>	107
<i>Ecuación 10. Regresión Lineal para la Humedad. Factores Significantes.....</i>	108
<i>Ecuación 11. Regresión Lineal para el Desperdicio (Kg)</i>	115
<i>Ecuación 12. Regresión Lineal con los Valores Óptimos por la Empresa</i>	116
<i>Ecuación 13. Resultado de Desperdicio. Con Valores Óptimos por la Empresa</i>	116
<i>Ecuación 14. Regresión Lineal para la Humedad (%)</i>	117
<i>Ecuación 15. Regresión Lineal con los Valores Óptimos por la Empresa</i>	118
<i>Ecuación 16. Resultado de Porcentaje de Humedad. Con Valores Óptimos por la Empresa</i>	118

RESUMEN

Este proyecto tratará acerca de una operación real dentro de una empresa de manufactura, cuyo producto principal es la pasta. La investigación está enfocada a la optimización de la línea de producción de Pasta Bühler 600 de la empresa Fideos PACA.

A partir del conocimiento de cómo se lleva a cabo esta producción, se podrá determinar y monitorear, cuales son las variables de respuesta de la calidad más sensibles; para así mejorarlas y fortalecerlas.

Para cumplir con este objetivo, dentro del proyecto se plantea la utilización del Control Estadístico de Procesos (CEP), a través de las gráficas de control; para determinar el comportamiento de los procesos, realizar mejoras menores y controlar el proceso productivo. Una vez que el proceso se encuentre bajo control estadístico, se identifican todos los posibles factores que inciden en la calidad del producto final, para después, mediante un modelo de Diseño Experimental (DOE), apropiado para el respectivo proceso, determinar los factores principales y/o interacciones estadísticamente significativas que afectan directamente a la calidad de la pasta.

Identificados los factores significativos, se procede a establecer un modelo de regresión lineal que mejor se adapte al comportamiento del proceso para cada variable de respuesta. Este modelo será el responsable de predecir con valores nuevos; el comportamiento de las respectivas variables de respuesta, para así poder minimizar al máximo los niveles de desperdicio y maximizar ganancias, cumpliendo con los estándares de calidad impuestos tanto de la empresa Fideos Paca como los del mercado.

ABSTRACT

This project is about an actual operation within a manufacturing company whose main product is the pasta. The investigation is focused on optimizing the production line Bühler 600 in the company Fideos PACA.

From the knowledge of how this production takes place, will determine and monitor what are the variables of the quality of response more sensitive, to improve and strengthen them.

To meet this objective, the project plans to use the tool of Statistical Process Control (SPC) with control charts, to determine the behavior of the processes, make minor improvements and to put under control the production process.

Once the process is under statistical control, we identify all the potential factors that affect the quality of the final product, then, using a model of Design of Experiments (DOE) for the respective process, we identify the main factors and/or statistically significant interactions that directly affect the quality of pasta.

After we identified the significant factors, we establish a linear regression model that best matches the behavior of the process for each response variable.

This model will be responsible for predicting new values and the behavior of the respective response variables, to minimize the levels of waste and maximize profits, while meeting the quality standards imposed by both the company Fideos Paca and the pasta market.

INTRODUCCION

La siguiente investigación está enfocada a la optimización de la línea de producción de Pasta Bühler 600 de la empresa Fideos PACA. Dicha línea de producción es la responsable de los formatos de pasta más vendidos en el mercado nacional, como lo son el fideo laminado con sus diversos formatos, por lo que su correcto funcionamiento es de suma importancia para la empresa. Por esta razón, es de vital importancia para Fideos PACA determinar y monitorear cuales son las variables de respuesta de la calidad más sensibles ante el mercado ecuatoriano; para así fortalecerlas y de la misma forma garantizar su permanencia en dicho segmento de mercado. Debido a esto surge la necesidad de realizar un estudio estadístico completo, el cual identifique las variables más sensibles, determine su comportamiento en el proceso, y haga los cambios necesarios para cumplir con los requerimientos de los clientes tanto externos como internos.

Existen diversas herramientas estadísticas las cuales pueden proporcionar la identificación de las variables de calidad significativas para los clientes. Entre dichas herramientas se encuentran las tablas causa – efecto y los diagramas de Pareto, las cuales pueden ayudar a identificar las causas más probables que sean responsables de la mayor cantidad de efectos como lo pueden ser el desperdicio, la cocción, sobre-cocción, el espesor de tela, y la humedad del producto terminado. Asimismo, una vez identificadas dichas causas se puede determinar cuáles son las mayores responsables de la insatisfacción de los clientes y de la empresa.

De la misma forma, una vez que las variables fueron identificadas, es necesario determinar el comportamiento de las mismas en la línea de producción. Es por esta razón que se procedió a utilizar la herramienta estadística, de Control Estadístico de Procesos (CEP), ya que tiene como objetivo hacer predecible un proceso en el tiempo. Las herramientas utilizadas para esto son las gráficas de control ya que permiten distinguir las causas especiales de las causas comunes de variación. En el caso de que se determine que un proceso no se encuentre bajo control estadístico, se procede a determinar la causa, para así poder estabilizarlo en las situaciones que lo ameriten. Dichas causas deben ser ajenas al desenvolvimiento natural del proceso. Una vez estabilizados los procesos, se pueden

determinar los comportamientos naturales de los mismos, es decir, el proceso es predecible y es afectado solamente por causas comunes de variación.

Debido a que el Control Estadístico de Procesos (CEP) es una herramienta estadística que sirve para determinar el comportamiento de los procesos y para realizar mejoras hasta cierto nivel, el siguiente paso a seguir, una vez que el proceso se encuentre bajo control estadístico, es el respectivo reconocimiento del problema que incide en la calidad del producto final y a su vez determinar los diferentes posibles factores que puedan incidir en la misma. Mediante un modelo de Diseño Experimental (DOE) apropiado para el respectivo proceso, se determinará los principales factores y/o interacciones estadísticamente significativos que afecten directamente a la calidad de la pasta. Para esto es necesario utilizar el software Design of Experiments, para obtener el orden aleatorio de las corridas necesarias para la toma de datos. Una vez obtenidos los datos se procederá a realizar la tabla de ANOVA mediante el mismo software para así determinar cuáles son los factores significativos que afectan a las respectivas variables de respuesta. Identificados los factores significativos se procede a determinar un modelo de regresión lineal que mejor se adapte al comportamiento del proceso para cada variable de respuesta. Dicho modelo será el responsable de predecir con valores nuevos, el comportamiento de las respectivas variables de respuesta y así poder minimizar al máximo los niveles de desperdicio, cumpliendo con los estándares de calidad impuestos. Consecuentemente, en base a los resultados obtenidos, se procederá a proponer un plan de mejora cuyo propósito será la disminución de desperdicios mediante el aumento en la calidad de la pasta.

Por último, se presentará un plan de implementación del nuevo sistema, con sus respectivas conclusiones y recomendaciones, para que así la empresa pueda maximizar sus ganancias cumpliendo con los estándares de calidad tanto de Fideos Paca como los del mercado.

1. MARCO TEÓRICO

1.1.- Justificación e Importancia del Proyecto

El mercado de los fideos es un negocio muy competitivo, tanto por la competencia internacional, como por los competidores nacionales. Para mantener una ventaja competitiva, Fideos PACA ha automatizado la mayoría de sus líneas de producción, es por esto que la empresa tiene altos niveles de calidad en factores que ellos consideran claves en el negocio de las pastas. Para mantener dichos niveles altos, la empresa ha mantenido un riguroso sistema de producción el cual cuenta con límites de tolerancia muy exigentes, los mismos que reflejan un nivel de calidad por encima que los de sus competidores. Así como cualquier empresa, Fideos PACA tiene sus debilidades, ya que tiene problemas con los factores de calidad y de desperdicio de la línea de producción de fideo laminado Bühler 600, ya que aunque tiene estaciones automatizadas, hay otras estaciones las cuales dependen de una supervisión manual, y dicha supervisión manual es una de las causantes de desperdicios y de los altos niveles de variabilidad en los factores determinantes de la calidad de la misma.

Es sumamente importante cumplir tanto con las especificaciones de calidad del cliente como las especificaciones de calidad de la empresa. Por este motivo Fideos PACA, tiene la filosofía de mantenerse a la vanguardia en la calidad de sus productos para así cumplir y exceder los niveles de calidad esperados por el cliente. Como resultado de esta política, los productos de la empresa han adquirido un alto nivel de aceptación a nivel nacional e internacional, lo cual es monitoreado trimestralmente por la empresa GO MUESTRAS (Ver Anexo 1 y Anexo 2). Para mantener estos estándares de calidad, la empresa ha tenido que invertir en tecnología y en investigación, debido a la alta tasa de evolución del mercado. Dichas inversiones han sido la clave para la supervivencia de más de 50 años de la empresa en el mercado, y por la cual en la actualidad está posicionada como una de las mejores en el Ecuador (Entrevista Revista Lideres, Ver Anexo 3).

En la actualidad, Fideos PACA desea reducir los desperdicios y mejorar los niveles de calidad de la línea Bühler 600, los cuales son aptos para el mercado debido a que cumplen con las NORMAS TECNICAS INEN 1375 y 616 (Ver Anexo 4 y Anexo 5), sin

embargo la empresa se ha fijado como una norma de calidad interna la reducción del desperdicio, específicamente dentro del proceso de estampado de la Línea Bühler 600. También la empresa se ha fijado otras especificaciones para mejorar la calidad de la pasta, las cuales no solo cumplen con las expectativas y exigencias del cliente sino también con la de los dirigentes de la empresa (ver sección 2.7.2).

Con esto como referencia, surge la necesidad de realizar dicho proyecto, contando con la apertura de la empresa, para mejorar los niveles de calidad de los principales variables de la manufactura de la pasta laminada tales como: humedad, cocción, sobrecocción, espesor de tela y desperdicio; contribuyendo de esta manera a la mejora de la calidad de la pasta. Para esto es necesario, encontrar las posibles variables claves que influyen directamente en la calidad del producto.

Una vez encontradas dichas variables, se implementará la herramienta estadística de Control Estadístico de Procesos (CEP), ya que a través del mismo se puede determinar el comportamiento natural del proceso junto con sus límites de variabilidad naturales del mismo. Dentro del Control Estadístico de Procesos, se realizará planes de muestreo de datos, obtención de datos, gráficas de control, análisis, y estabilización si el proceso se encuentra fuera de control. Asimismo, se podrá determinar si el proceso cumple con los requisitos de calidad del mercado. Es preciso realizar todo este proceso en la investigación debido a que se necesita determinar el comportamiento de cada proceso y su variabilidad natural, ya que una vez entendido dicho comportamiento, se pueden realizar cambios para el beneficio del mismo. El CEP es básico para la reducción de variabilidad de los procesos a través de la estabilización del mismo, ya que la línea de producción tendrá menos desperdicios y el producto final mantendrá valores muy cercanos a los nominales, los cuales fueron impuestos por el cliente.

Una vez que la línea de producción se encuentre bajo control estadístico, el siguiente paso es la realización de un diseño experimental para determinar cuáles son los factores u interacciones significativos que influyen en la producción del desperdicio y en la calidad del producto terminado. Para esto, primero es necesario identificar los posibles factores que contribuyen en la calidad del producto, y así por medio de un diseño experimental factorial, determinar estadísticamente cuál de estos factores u interacciones son significativos en la calidad del producto final. El Diseño Experimental es la parte

crucial del proyecto, ya que a través del mismo se podrán realizar los cambios más significativos en la línea de producción.

El Control estadístico de Procesos (CEP) y el Diseño Experimental (DOE) son de suma importancia para incrementar la calidad del fideo que sale de la línea de producción Bühler 600, y así por medio de herramientas estadísticas poder contribuir al desarrollo de una ventaja competitiva en Fideos PACA.

1.2.- Objetivos Generales y Específicos del proyecto:

1.2.1.- Generales:

- Determinar las principales variables de respuesta que no cumplen con las especificaciones de calidad que se ha fijado la empresa Fideos PACA, y estudiar el comportamiento del proceso de producción, a través de un Control Estadístico de Procesos.
- Determinar puntos de mejora en la calidad del Fideo Laminado que produce la Línea Bühler 600, a través de un Diseño Experimental, el cual permita disminuir los desperdicios y re-procesos que se originan dentro del proceso productivo, específicamente dentro del proceso de estampado.

1.2.2.- Específicos:

- Mantener el porcentaje de humedad del producto terminado con límites de tolerancia del 12% y 13%.
- Reducir en un 50% los desperdicios y re-procesos.
- Conservar la variabilidad del espesor de la masa entre 0.45cm y 0.55cm.

1.3.- Conceptos Generales:

La calidad de un producto implica dos aspectos fundamentales:

- 1) **Calidad del Diseño:** es el grado de concordancia entre el diseño y el fin para el cual fue creado; en la medida que las características previstas, los materiales y las formas concebidas por el diseñador cumplen con las necesidades del usuario.

- 2) **Calidad del Producto:** es el grado de concordancia entre el producto y sus especificaciones. Siendo el grado en el que el proceso de manufactura y mano de obra han reproducido el producto lo más cercano del diseño original.

1.3.1.- Control de Calidad.-

Es el proceso mediante el cual se miden las características de un producto, se comparan los valores con las normas establecidas y se adoptan las medidas correctivas convenientes cuando no se ajustan a las normas.

1.3.2.- Teoría del Muestreo.-

Se refiere al estudio de las relaciones que existen entre un colectivo o población y las muestras que se extraen de las mismas. El estudio de las muestras permite hacer estimaciones de características desconocidas de la población (tales como la media, desviación típica, proporciones, etc.). Estas estimaciones se hacen a partir del conocimiento de las características de las muestras (media, desviación típica, proporción, etc.)¹.

¹ Ishikawa, Kaoru. Que es Control de Calidad. Ed. Norma. México: 1991.

1.3.3.- Estadístico.-

Un estadístico es cualquier función de las observaciones en una muestra que no contenga parámetros desconocidos².

1.3.4.- Parámetro:

Una parámetro es una medida usada para describir alguna característica de una población, tal como una media aritmética, una mediana o una desviación estándar de una población.

1.3.5.- Población:

Es una colección de todos los elementos (infinitos o finitos) que se estudian y acerca de los cuales se intenta extraer conclusiones.

1.3.6.- Muestra:

Es una colección de medidas seleccionadas de una fuente superior o población. Para que una muestra pueda considerarse significativa de una población, debe cumplirse que:

- El tamaño de la muestra y el de la población estén proporcionados.
- Los elementos no presenten distorsiones importantes.
- La muestra sea representativa de la población.

² Montgomery, Douglas. Design and Anlaysia of Experiments. Ed. Jhon Wiley and Sons. Segunda edición.1984. 14

1.4.- Conceptos de Control Estadístico de Procesos:

Un gráfico de control es una herramienta estadística utilizada para evaluar la estabilidad de un proceso. Permite distinguir entre las causas de variación. Todo proceso tendrá variaciones, pudiendo estas agruparse en:

- Causas aleatorias de variación: Son causas desconocidas y con poca significación, debidas al azar y presentes en todo proceso. Difícil identificación y eliminación.
- Causas específicas (imputables o asignables): Normalmente no deben estar presentes en el proceso. Provocan variaciones significativas, sí pueden ser descubiertas y eliminadas.³

El control estadístico de procesos es una colección de poderosas herramientas que sirven para resolver problemas con el objetivo de estabilizar los procesos y mejorar su capacidad de reducción de variabilidad.

1.4.1.- Histograma

Es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. En el eje vertical se representan las frecuencias, y en el eje horizontal los valores de las variables, normalmente señalando las marcas de clase, es decir, la mitad del intervalo en el que están agrupados los datos. Se utiliza cuando se estudia una variable continua, como franjas de edades o altura de la muestra, y, por comodidad, sus valores se agrupan en clases, es decir, valores continuos⁴.

³ Montgomery, Douglas et all. Probabilidad y Estadística. Ed. Mc Graw Hill. México: 1996. 286 - 288

⁴ Montgomery, Douglas. Statiscal Quality Control. Ed. Jhon Wiley and Sons Inc. Fifth Edition. United States: 2005. 44 - 46

1.4.2.- Hojas de Verificación

Es un formato especial constituido para coleccionar datos fácilmente, en la que todos los artículos o factores necesarios son previamente establecidos y en la que los records de pruebas, resultados de inspección o resultados de operaciones son fácilmente descritos con marcas utilizadas para verificar. Para propósitos de control de procesos por medio de métodos estadísticos es necesaria la obtención de datos. El control depende de ellos y, por supuesto, deben ser correctos y coleccionados debidamente⁵.

1.4.3.- Diagrama de Pareto

Mediante el Diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Ya que por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos. La minoría vital aparece a la izquierda de la grafica y la mayoría útil a la derecha. Hay veces que es necesario combinar elementos de la mayoría útil en una sola clasificación denominada otros, la cual siempre deberá ser colocada en el extremo derecho. La escala vertical es para el costo en unidades monetarias, frecuencia o porcentaje. La gráfica es muy útil al permitir identificar visualmente en una sola revisión tales minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva sin malgastar esfuerzos⁶.

⁵ Montgomery, Douglas. Statiscal Quality Control. Ed. Jhon Wiley and Sons Inc. Fifth Edition. United States: 2005. 169 - 170

⁶ Montgomery, Douglas et all. Probabilidad y Estadística. Ed. Mc Graw Hill. México: 1996. 15

1.4.4.- Diagrama de Causa – Efecto

Es una representación grafica de la relación entre un efecto y todas las posibles causas que influyen en él, permitiendo identificarlas y clasificarlas para su análisis. Es llamado también diagrama de Ishikawa o espina de Pescado⁷.

1.4.5.- Diagrama de Dispersión

Representación grafica del grado de relación entre dos variables cuantitativas. Muestra la posibilidad de la existencia de correlación entre dos variables de un vistazo, simplifica el análisis de situaciones numéricas complejas y proporciona mayor información que el simple análisis matemático de correlación, sugiriendo posibilidades y alternativas de estudio, basadas en la necesidad de conjugar datos y procesos en su utilización⁸.

1.4.6.- Gráficas de Control

Es una herramienta estadística que detecta la variabilidad, consistencia, control y mejora de un proceso. Se usa como una forma de observar, detectar y prevenir el comportamiento del proceso a través de sus pasos vitales.

En las gráficas de control las mediciones dependen tanto de los instrumentos, como de las personas que miden y de las circunstancias del medio ambiente. Es conveniente anotar en las gráficas de control observaciones tales como cambio de turno, temperatura ambiente, operarios, etc. Para así en el futuro poder detectar con mayor facilidad las condiciones por las cuales algún dato se encuentra fuera de control estadístico.

⁷ Montgomery, Douglas et all. Probabilidad y Estadística. Ed. Mc Graw Hill. México: 1996. 885

⁸ Montgomery, Douglas et all. Probabilidad y Estadística. Ed. Mc Graw Hill. México: 1996. 4 – 5.

Los gráficos de control fueron creados por Shewhart durante el desarrollo del control estadístico de la calidad. Han tenido una gran difusión siendo ampliamente utilizados en el control de procesos industriales. Sin embargo, con la reformulación del concepto de Calidad y su extensión a las empresas de servicios y a las unidades administrativas y auxiliares, se han convertido en métodos de control aplicables a procesos llevados a cabo en estos ámbitos.

Ventajas.

- Permite distinguir entre causas aleatorias y específicas de variación de los procesos, como guía de actuación de la dirección.
- Los gráficos de control son útiles para vigilar la variación de un proceso en el tiempo, probar la efectividad de las acciones de mejora emprendidas, así como para estimar la capacidad del proceso⁹.

Utilidades.

- Ayudan a la mejora de procesos, de forma que se comporten de manera uniforme y previsible para una mayor calidad, menores costos y mayor eficacia.
- Proporcionan un lenguaje común para el análisis del rendimiento del proceso¹⁰.

Los gráficos de control ayudan en la detección de modelos no naturales de variación en los datos que resultan de procesos repetitivos y dan criterios para detectar una falta de control estadístico. Un proceso se encuentra bajo control estadístico cuando la variabilidad se debe sólo a “causas comunes”. Los gráficos de control son básicamente de dos tipos; gráficos de control por variables y gráficos de control por atributos.

Se denominan gráficas de control por variables, cuando las medidas pueden adoptar un intervalo continuo de valores; por ejemplo, la longitud, el peso, la concentración, etc.

⁹ Montgomery, Douglas et all. Probabilidad y Estadística. Ed. Mc Graw Hill. México: 1996. 831

¹⁰ Montgomery, Douglas et all. Probabilidad y Estadística. Ed. Mc Graw Hill. México: 1996. 835 - 846

Antes de utilizar las Gráficas de Control por variables, debe tenerse en consideración lo siguiente:

- a.- El proceso debe ser estable
- b.- Los datos del proceso deben obedecer a una distribución normal
- c.- El número de datos a considerar debe ser de aproximadamente 20 a 25 subgrupos con un tamaño de muestras de 4 a 5, para que las muestras consideradas sean representativas de la población.
- d.- Los datos deben ser clasificados teniendo en cuenta que, la dispersión debe ser mínima dentro de cada subgrupo y máxima entre subgrupos
- e.- Se deben disponer de tablas estadísticas para comparar valores

Los gráficos de control por atributos, son utilizados para constatar características cualitativas, esto es, características no cuantificables numéricamente. Los gráficos de control por atributos tienen la ventaja de que hacen posible considerar varias características de calidad al mismo tiempo y clasificar el artículo o producto como no-conforme si no satisface la especificación de cualquier característica. Hay una evidente sencillez asociada al gráfico de control por atributos, en este caso mediante la inspección por atributos pueden evitarse mediciones costosas en recursos y tiempo.

Teorema del Límite Central.-

Dicho teorema dice que la suma de n variables independientemente aleatoriamente distribuidas son aproximadamente normales, sin importar la distribución de las variables independientes¹¹.

¹¹ Montgomery, Douglas. Statistical Quality Control. Ed. Jhon Wiley and Sons Inc. Fifth Edition. United States: 2005. 66

Análisis de la Capacidad del Proceso.-

Es un estudio de ingeniería, que analiza el resultado que suele tener un proceso, en donde el mismo suele tener, al menos, una o más características medibles. Dicho resultado espera que el proceso cumpla con los requerimientos o las tolerancias que ha establecido el cliente¹².

Ratio de la Capacidad del Proceso.-

Es la medida de la habilidad del proceso de manufacturar productos que cumplen con sus especificaciones.

Suposiciones:

- La característica de calidad tiene una distribución normal
- El proceso está en control estadístico
- En el caso de especificaciones de 2 colas, la media del proceso está centrada entre los límites de especificación superior e inferior¹³.

1.5.- Conceptos de Diseño Experimental

Diseñar un experimento significa planear un experimento de modo que reúna la información pertinente al problema bajo investigación. El diseño de un experimento es la secuencia completa de pasos tomados de antemano para asegurar que los datos apropiados se obtendrán de modo que permitan un análisis objetivo que conduzca a deducciones válidas con respecto al problema establecido.

El Diseño de Experimentos debe garantizar que se cumpla ciertos requisitos mínimos:

- Debe poder comprobar las hipótesis objeto de estudio, no dejándose confundir por variables insospechadas (ruido), como errores de medida desproporcionados, etc.
- Debe poder revelar la existencia de cualquier causa importante de variación, aunque no

¹² Montgomery, Douglas. Statistical Quality Control. Ed. Jhon Wiley and Sons Inc. Fifth Edition. United States: 2005. 328

¹³ Montgomery, Douglas. Statistical Quality Control. Ed. Jhon Wiley and Sons Inc. Fifth Edition. United States: 2005. 336

haya sido adelantada como hipótesis.

- Si el experimento se realiza durante el desarrollo normal del proceso en estudio, se tendrá además cuidado de interferir lo menos posible en el trabajo normal y protegerse de las interferencias no autorizadas o involuntarias en la prueba por parte del personal adepto.

En un diseño de experimento se distinguen los siguientes tipos de variables, según el contenido conceptual, o papel que tienen en el mismo.

- *Variable independiente*.- Es el factor (causa) que influye sobre la característica a medir (defecto, error, etc.). Para comprobar su influencia, esta se la manipulará durante el experimento, en el sentido que le asignará valores diferentes a cada observación. Esta variable se llama también “tratamiento” y cada uno de los valores que se le asignarán “nivel de tratamiento”.
- *Variable dependiente*.- Es aquella variable que se mide en cada observación del experimento, para establecer si la variable independiente efectivamente influye sobre sus valores.
- *Variables extrañas*.- Son todas aquellas que no se puede manipular, pero influyen en la variable dependiente. Son la causa de que las observaciones en un mismo nivel de tratamiento no necesariamente arrojen el mismo valor de medida. El conjunto de variables extrañas se denomina generalmente en el diseño y análisis de experimentos “ruido” o “error experimental”.
- *Variable de bloqueo*.- Es una variable que puede intervenir en los niveles de la variable dependiente y se decidió eliminar su influencia mediante el control de la misma, creando bloques de observaciones, en los que esta variable, asume respectivamente un valor constante. A cada bloque se asignarán todos los niveles de tratamiento. Con la creación de bloques se persiguen dos objetivos:
 - Aislar el efecto de los tratamientos, eliminando la influencia de la variable de bloqueo.
 - Estimar los efectos de los bloques.

Para que el diseño de experimentos tenga buenos resultados se deben tomar en cuenta

ciertas técnicas, de esta manera se tiene:

- *Repetición*.- Es la reiteración de una observación o medida al mismo nivel de tratamiento. Proporciona una oportunidad para que los efectos de las variables extrañas, incontroladas se compensen y permite, además, medir el error experimental.
- *Aleatorización*.- Esta técnica es utilizada para reducir la influencia no predeterminable de variables extrañas sobre los resultados del experimento. La aleatorización consiste en asignar los sujetos a los distintos niveles de tratamiento al azar, con el objetivo de que los efectos extraños se contrarresten entre los distintos sujetos y observaciones que componen cada nivel de tratamiento (condición experimental). La aleatorización es fundamental en el diseño de experimentos ya que:
 - a) Previene la existencia de sesgo.
 - b) Evita la dependencia entre observaciones.
 - c) Confirma la adecuación de los procedimientos estadísticos para el análisis de los resultados del Experimento.
- *Tabla de Análisis de Varianza (ANOVA)*.- Es una tabla que resume el conocimiento acerca de la variabilidad en las observaciones del experimento. Aquí se hace una partición en dos de la suma de los cuadrados total, una representa la variación entre las medias del tratamiento, la otra el error experimental¹⁴.
- *Tratamientos*.- Son el conjunto de circunstancias creadas para el experimento, en respuesta a la hipótesis de investigación y son el centro de la misma¹⁵.
- *Unidad Experimental o Replica*.- Es la entidad física o el sujeto expuesto al tratamiento independientemente de otras unidades. La unidad experimental, una vez expuesta al tratamiento, constituye una sola réplica del tratamiento¹⁶.
- *Error Experimental*.- Describe la variación entre las unidades experimentales tratadas a manera idéntica e independiente. Los distintos orígenes del error experimental son:

¹⁴ Kuehl, Robert. Diseño de Experimentos. Segunda edición. Editorial Thompson. México D.F. Capítulo 2. Páginas 55 – 57.

¹⁵ Kuehl, Robert. Diseño de Experimentos. Segunda edición. Editorial Thompson. México D.F. Capítulo 1. Páginas 5 – 17.

¹⁶ Kuehl, Robert. Diseño de Experimentos. Segunda edición. Editorial Thompson. México D.F. Capítulo 1. Páginas 5 – 17.

- a) La variación natural entre unidades experimentales
- b) La variación en la medición de la respuesta
- c) La imposibilidad de reproducir las condiciones del tratamiento con exactitud de una unidad a otra
- d) La interacción de los tratamientos con las unidades experimentales
- e) Cualquier otro factor externo que influya en las características medidas¹⁷.

Para este proyecto se utilizará el diseño de experimentos, para encontrar aquellas variables que influyen directamente en el proceso de producción de la pasta, que a su vez influyen en la calidad de la misma, permitiendo un mejor control y aumento de la calidad en el producto.

1.6.- Conceptos generales de la industria de las pastas

Pastas alimenticias o fideos, se entiende a los productos no fermentados obtenidos por el amasado y moldeo de mezclas de agua potable con harina y otros derivados del trigo aptos para el consumo humano, sometidos o no a un posterior proceso de desecación, según su clase. Las pastas alimenticias secas o fideos secos, son aquellas pastas alimenticias sometidas a un adecuado proceso de desecación posterior al moldeo. Deben presentar un aspecto homogéneo, caracteres organolépticos normales y tener una humedad máxima de 13% (Ver Anexo 4).

El producto debe elaborarse en condiciones apropiadas cumpliendo con las normas sanitarias vigentes. La superficie de los fideos deberá ser homogénea, sin rajaduras, manchas ni deformaciones. Las pastas o fideos deben presentar un color característico uniforme, en dependencia de las materias primas utilizadas y de los colorantes permitidos. El olor y sabor debe ser característico del producto, dependiendo de las materias primas utilizadas y exentas de olores y sabores extraños.

Las pastas alimenticias o fideos deberán ajustarse a los siguientes requisitos técnicos de calidad (Ver Anexo 6):

¹⁷ Kuehl, Robert. Diseño de Experimentos. Segunda edición. Editorial Thompson. México D.F. Capítulo 1. Páginas 5 – 17.

- Unidades rotas 0,0%
- Unidades rajadas 0,5%
- Unidades quemadas 0,0%
- Defectos (unidades pegadas o de diferente color) 0,5%

Además el producto deberá cumplir la prueba de cocción conforme a lo siguiente: debe conservar su forma sin adherir después de los minutos de ebullición indicados en el envase, debiendo mantener estos caracteres después de un enfriamiento lento a temperatura ambiente. Este concepto será evaluado en la característica de textura, constituyendo un defecto crítico, de modo que si el producto no conserva estas características físicas después de la cocción, el lote será rechazado. El tiempo de cocción, estará en un intervalo que será el tiempo de cocción declarado por el fabricante, aproximadamente un 20 % de tolerancia.

Dentro de la Norma INEN 1375 (Tabla 1) las pastas alimenticias deben cumplir con los siguientes requisitos de análisis de laboratorio (Ver Anexo 7):

Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo
Cenizas	%	–	0,8
Proteínas	%	8,0	–
Acidez	%	–	0,45
Colesterol sustancia seca	%	0,035	–
Colorantes	–	ausencia	Ausencia

Parámetro	Valor
Humedad	Min.12% - 13% Máx.
Gluten	Min. 30% - 34% Máx.
Cocción	10 minutos \pm 20%
Sobre cocción	30 minutos \pm 25%

Tabla 1. Requisitos de Calidad Pasta. Análisis de Laboratorio y Normas INEN.

Para la elaboración de las pastas alimenticias, la harina u otros derivados deben cumplir con lo especificado en la Norma INEN 616 (Ver Anexo 5). Dentro de esta norma

se menciona lo siguiente:

Harina de trigo, es el producto que se obtiene de la molienda y tamizado del endospermo del grano de trigo (*Triticum vulgare*, *Triticum durum*) hasta un grado de extracción determinado considerando al restante como subproducto (residuos de endospermo, germen y salvado).

La harina de trigo posee constituyentes aptos para la formación de masas (proteína – gluten), pues la harina y agua mezclados en determinadas proporciones, producen una masa consistente. Esta es una masa tenaz, con ligazón entre sí, que en la mano ofrece una determinada resistencia, a la que puede darse la forma deseada, y que resiste la presión de los gases producidos por la fermentación para obtener el levantamiento de la masa y un adecuado desarrollo de volumen.

El gluten se forma por hidratación e hinchamiento de proteínas de la harina: gliadina y glutenina. El hinchamiento del gluten posibilita la formación de la masa: unión, elasticidad y capacidad para ser trabajada, retención de gases y mantenimiento de la forma de las piezas. La cantidad de proteína es muy diferente en diversos tipos de harina. Especial influencia sobre el contenido de proteínas y con ello sobre la cantidad de gluten tiene el tipo de trigo, época de cosecha y grado de extracción.

A las harinas que contienen menos proteína (gluten) se las llama pobres, en cambio, ricas en gluten son aquellas cuyo contenido de gluten húmedo es superior al 30 %. Harinas ricas en gluten se prefieren para masas de levadura, especialmente las utilizadas en la elaboración de masas para hojaldre. Para masas secas o pastas alimenticias secas, en cambio, es recomendable una harina con mayor gluten, ya que este es formador de masa.

Los porcentajes de gluten dependen bastante de la tasa de extracción. Una tasa de extracción de 60, es cuando se ha obtenido 60 kilos de harina, moliendo 100 kilos de grano. Basándose en esto tenemos:

- Harina flor con una tasa de extracción de 40.
- Harina blanca con una tasa de extracción de 60-70. Es la harina refinada de uso común. Solo se ha molido la almendra harinosa, exenta de germen y de cubiertas.
- Harina integral con grado de extracción superior a 85, se ha utilizado el grano completo excepto la cascarilla.

- Sémola, producto de la molienda de trigo duro, se utiliza para la fabricación de alimentos moldeados y desecados denominados pastas alimenticias. Tiene mayor contenido en proteínas (gluten) y la molturación es más grosera.

2. Diagnóstico Inicial de la Línea de Producción Bühler 600

2.1.- Descripción de la Empresa

Fideos PACA es una empresa familiar que la fundo Jacobo Paredes. Se constituyó en Noviembre de 1968, debido a la gran demanda que existía en la matriz en la ciudad de Ambato (Pastificio Ambato). La empresa cuenta con una planta industrial de tipo integral, pues consta con un molino de trigo y con un pastificio, integrados en el mismo proceso de producción. La planta se ubica en la Avenida Maldonado 10049 y calle Cusubamba al sur de la ciudad de Quito.

Su negocio se basa en la fabricación de pastas y harinas alimenticias; su participación en el mercado nacional actualmente es de aproximadamente un 25 % y posee un nicho de mercado internacional exportando a Colombia y Estados Unidos. La empresa está dirigida por el Sr. Rodrigo Sánchez, Gerente General, y de su hijo el Ing. Javier Sánchez, Gerente de Producción. Sus clientes principales son: SUPERMAXI y REPARTI.

La empresa se compone de un molino, el cual consta principalmente de los silos de almacenamiento de trigo, el sistema de limpieza de trigo, el sistema de molienda, y los silos de almacenamiento de harina; a partir de estos silos, el molino se integra con el pastificio y por transporte neumático, se envía la harina a los silos del mismo.

El pastificio cuenta con cuatro líneas de producción: la línea para pasta de tipo NIDOS, la línea de pasta larga, y por ultimo dos líneas para pasta corta, la Bühler 1000 y Bühler 600. Las líneas mencionadas funcionan de manera completamente automatizada, las mismas que son controladas por paneles electrónicos y software de computación.

Fideos PACA intenta diseñar, producir y comercializar productos y servicios de calidad superior, mediante el establecimiento y la implantación de sistemas eficientes, productivos y que satisfagan las expectativas de sus clientes.

2.2.- Tipología de procesos:

La empresa Fideos PACA, presenta la siguiente descripción de los tipos de procesos que se realizan dentro de la misma, los cuales permitirán entender mejor el comportamiento de la empresa.

2.2.1.- Procesos Estratégicos:

2.2.1.1.- Planificación Financiera: Aquí se encuentran todos los procesos que se refieren a manejo de dinero dentro de la empresa PACA como son: inversiones, balance de presupuestos, contabilidad de la empresa y previsiones a futuro. Dentro de estos procesos se realizan análisis que son revisados por el Gerente General de la empresa el Sr. Rodrigo Sánchez para la toma de decisiones.

2.2.1.2.- Captación y Retención de Mercados: Estos procesos se refieren a todas las actividades que la empresa realiza para ganar más consumidores y mantener su nicho de mercado actual. Para esto la empresa posee procesos de respuesta rápida a las necesidades de los clientes a través de hojas de control y seguimiento que realizan en el departamento de recursos humanos. Estos procesos conjuntamente con los de publicidad y mercadeo permiten que la empresa se mantenga dentro del mercado y no sea desplazado del mismo.

2.2.2.- Procesos Productivos:

2.2.2.1.- Investigación y Desarrollo Nuevos Productos: Dentro de este proceso se encuentran la realización de encuestas, focus groups y degustaciones para el desarrollo o la implementación de alguna mejora dentro del producto. Este proceso se encuentra a cargo de la gente de marketing y la de producción.

2.2.2.2.- Publicidad y Mercadeo: Estos procesos están a cargo de los supervisores de ventas y los vendedores, los cuales se encargan de realizar promociones, degustaciones, brindar muestras y realizar propagandas del producto.

2.2.2.3.- Aseguramiento de Calidad: Se encuentra todos los procesos y estándares para que tanto el producto como el servicio de la empresa sea óptimo. Para asegurar la calidad del producto se realizan pruebas de laboratorio basadas en parámetros de humedad, temperatura, pureza del grano, variedad de trigo, calidad de harina, pruebas de cocción, granulometría y rotura de partícula. Para el control de calidad del servicio los supervisores de ventas diseñan hojas de control que se encargan de medir el desempeño de los vendedores durante la semana.

2.2.2.4.- Comercialización: Se basa especialmente en la distribución y venta de los productos terminados de la empresa. Está a cargo principalmente por el departamento de ventas.

2.2.2.5.- Fabricación: Son los procesos de producción de la empresa. La elaboración de pasta inicia en la dosificación de las materias primas, en donde equipos automáticos dosifican proporcionalmente agua y harina directamente en la tina de la amasadora.

El tiempo promedio de amasado es de 10 minutos, a continuación se tiene una mezcla homogénea de harina y agua, la cual es utilizada para la formación de los diferentes formatos de fideo.

Los formatos de fideo pueden ser realizados a través de un proceso de laminación o extrusión, dependiendo de la línea de producción, en la línea Bühler 1000 fideo extrusado o fideo amarillo y Bühler 600 fideo laminado o fideo blanco. Dependiendo del tipo de molde se le da la forma a la pasta.

La pasta blanca y la pasta amarilla están elaboradas con la misma calidad de semolina pero al someter la masa a altas presiones y altas temperaturas, la encima del trigo expone su calor característico, obteniendo como resultado el color amarillo propio de la línea Bühler 1000.

Dentro de la línea Bühler 600 los diferentes formatos de fideo son conformados con un proceso de estampado en maquinas troqueladoras que pueden alcanzar hasta 350 golpes por minuto.

Terminado el proceso de formado, el fideo entra a los túneles de secado, los cuales constan de un presecador, un secador y un enfriador. En el presecado se extrae humedad

aproximadamente en un 30% en 5 minutos. Luego la pasta pasa en los túneles secadores de 3 a 12 horas dependiendo del tipo de formato que se está produciendo, para llegar a la a una humedad entre los valores del 12% al 13%. Finalmente los túneles brindan un ambiente a altas temperaturas y humedades para extraer lentamente la humedad del núcleo de la pasta. A la salida la pasta es recolectada para luego ser empacada, dependiendo de la línea de producción y los requerimientos del cliente la pasta puede ser almacenada en silos o empacada directamente.

Un punto interesante dentro de la empresa es que los procesos que aquí se realizan son de manera continua, es decir una vez que la maquina empieza la producción esta solo se para sí existe una falla o se necesita cambiar el formato de pasta, esto es debido a que la mayor parte de la empresa posee maquinaria completamente automatizada

2.2.2.6.- Servicio al Cliente Post-Venta: Estos procesos están a cargo de la gente de ventas donde realizan un seguimiento continuo de los clientes para poder realizar un reabastecimiento del producto de una forma inmediata.

2.2.3.- Procesos de Apoyo:

2.2.3.1.- Recursos Humanos: Aquí se encuentra todos los procesos que se refieren a la contratación de nuevo personal, manejo del personal actual, capacitación del personal y motivación del personal.

2.2.3.2.- Compras y Adquisiciones: Son los procesos que se encargan de que la línea de producción tenga siempre los insumos necesarios ya sea para la producción en si como es la compra de materia prima y empaques; o la de mantenimiento al adquirir los repuestos necesarios

2.2.3.3.- Procesos Administrativos: Estos procesos son los que se encargan de la planeación del trabajo, organización de los objetivos, el control de las actividades, establecer las condiciones bajo las cuales se realizaran el trabajo y agrupar las obligaciones de los diferentes operarios dentro de la empresa.

2.2.3.4.- Procesos Tecnológicos: Se refiere a todos los procesos que se realizan a través de la implementación de un nuevo hardware o software dentro de la empresa. En PACA existe el software Bühler que permite tener un seguimiento de la producción de las diferentes líneas en tiempo real.

2.3.- Icoms de los procesos

Los Icoms de los procesos, son herramientas que permiten identificar de una manera gráfica los diferentes controles, mecanismos, entradas y salidas; que poseen los diferentes macro-procesos, procesos, sub-procesos y actividades.

2.3.1.- ICOM Nivel 0

Para el macro-proceso FIDEOS PACA:

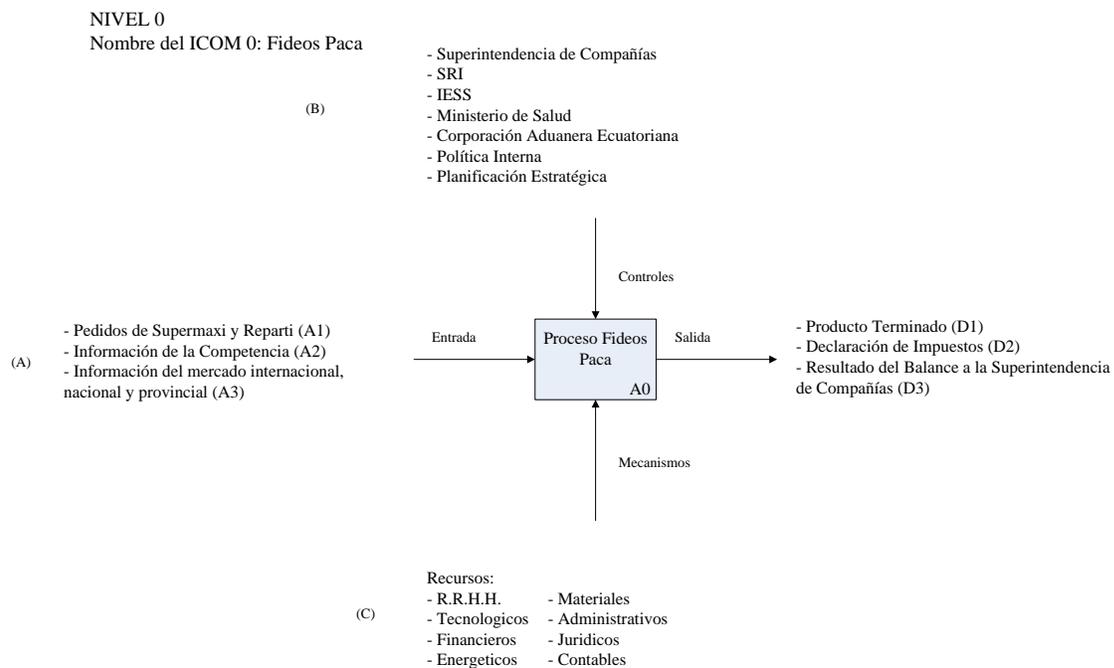


Ilustración 1. ICOM Nivel 0. Macro-Proceso Fideos PACA.

2.3.2.- ICOM Nivel 3

Para el proceso productivo de Fabricación del Fideo Laminado (Línea Producción Bühler 600):

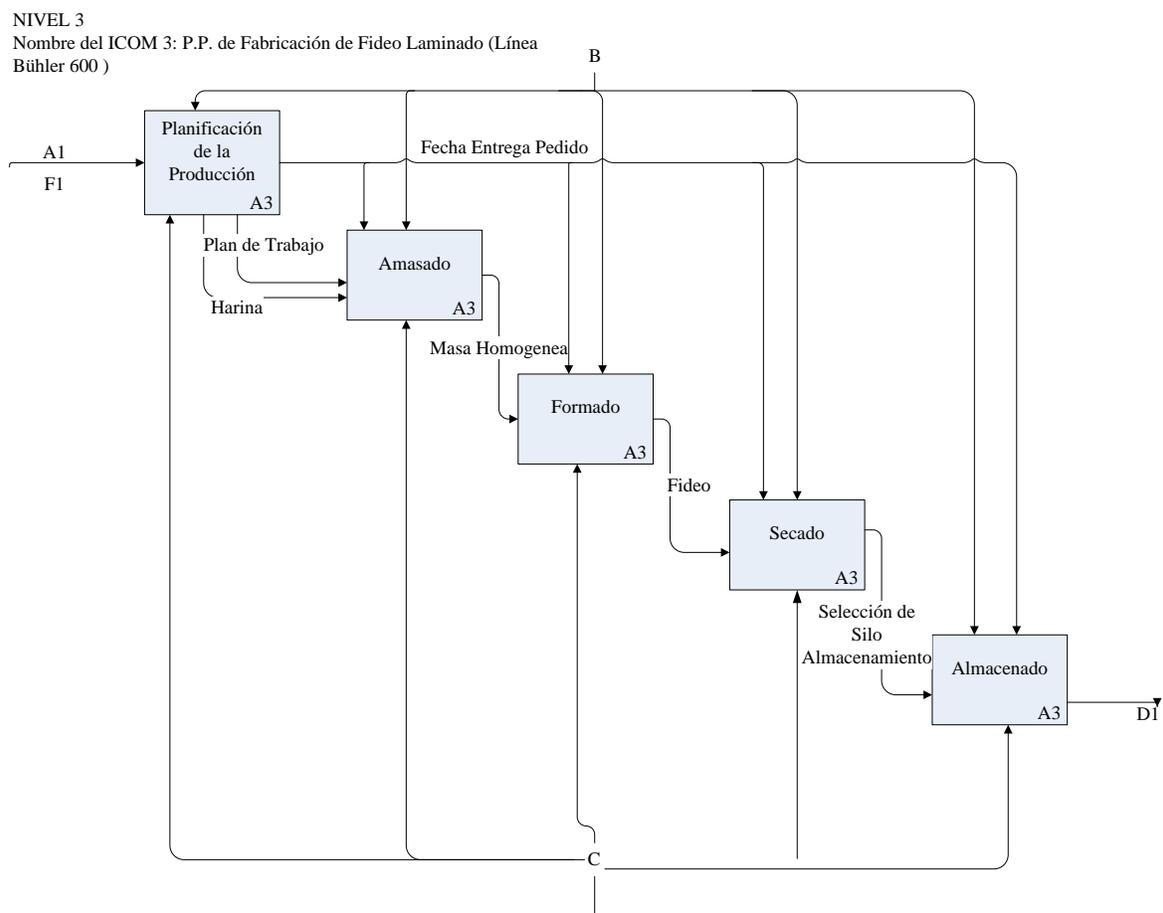


Ilustración 2. ICOM Nivel 3. Proceso Productivo de Fabricación Fideo Laminado.

2.3.3.- ICOM Nivel 4

Para el proceso productivo de Formado del Fideo Laminado (Línea Producción Bühler 600):

NIVEL 4

Nombre del ICOM 4: P.P. de Formado de Fideo Laminado (Línea Bühler 600)

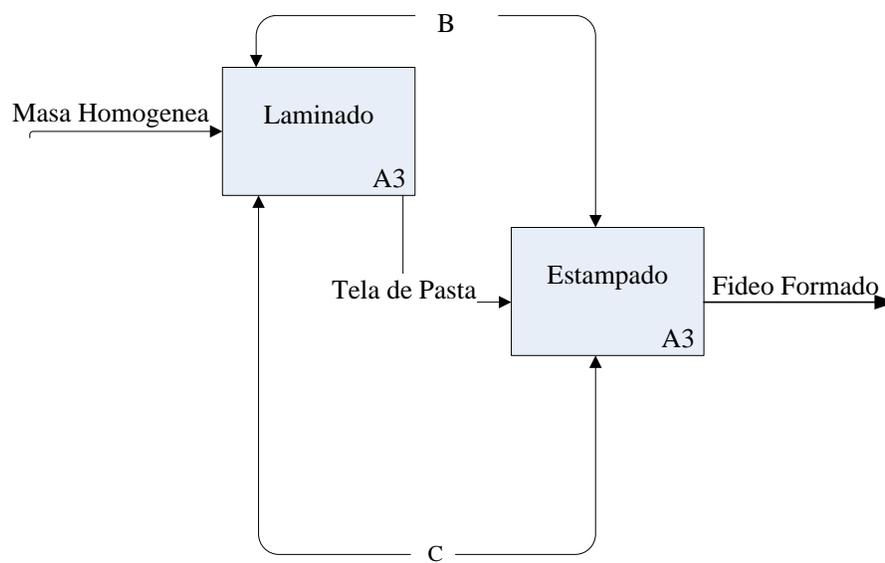


Ilustración 3. ICOM Nivel 4. Proceso Productivo de Formado Fideo Laminado

2.4.- Descripción de la línea de Producción Bühler 600

2.4.1.- Descripción del Funcionamiento del Proceso de Fabricación del Fideo Laminado (Línea Bühler 600)

El funcionamiento del proceso de formado de fideo laminado en la línea Bühler 600 consta de las siguientes etapas:

1. El proceso se inicia con la mezcla de la harina y el agua a través de dosificadores, esta mezcla pasa a través de espirales, los cuales se encargan de realizar una mezcla homogénea.
2. La mezcla entra en el laminador, que es una máquina que utiliza cilindros corrugados para compactar y unificar la masa a manera de tela.
3. La tela de pasta entra al proceso de la estampadora, la cual es una máquina que utiliza unos rodillos lisos para hacer dicha tela más delgada y uniforme. Además dentro de esta máquina se encuentra el molde formador o estampador, que se encarga de dar la figura deseada a la tela de pasta, a través de golpes troqueladores.

Las estampadoras trabajan dependiendo de los requerimientos del cliente (orden de producción), es decir trabaja las 24 horas. El único tiempo en el que se para la máquina y la línea en sí, es el momento de realizar el cambio de molde para empezar con la producción de otro tipo de fideo. (Ver Punto 2.5. para flujograma del todo el proceso de fabricación).

4. Luego el fideo producido pasa a través de una banda transportadora a los elevadores que llevan el producto fresco a los túneles de secado (fin de proceso estampado - comienza proceso secado). Este proceso es completamente automatizado, y controlado a través de software.
5. Finalmente, cuando el producto sale del túnel de secado es almacenado en silos para su correcta conservación.

2.4.2.- Descripción del Proceso elegido para el Estudio:

Para la realización de este proyecto se eligió una de las líneas de Producción de la Empresa PACA llamada Bühler 600 específicamente el proceso de estampado y el de secado, por las siguientes razones:

- Dentro del proceso de estampado de la línea Bühler 600, existen dos estampadoras de primera generación; de marca Niccolai Trafile con una capacidad de producción actual de 205 Kg. /Hr. Además existe otra estampadora de pasta de marca Niccolai Trafile de última generación con una capacidad de producción de 300 Kg. /Hr.,

La línea Bühler 600 tiene una producción total máxima de 750 Kg. /Hr., con las tres estampadoras, la cual se ve restringida por la capacidad del túnel de secado, que es el cuello de botella de la misma.

Por este motivo, la línea solo puede producir 700 Kg. /Hr., siendo explotada a su máxima capacidad para cumplir con la demanda del mercado.

Debido a la alta exigencia a la que se somete esta línea de producción, los controles de calidad a los que se ve sometido el producto son más rigurosos y exigentes.

Además de cumplir con las normas de calidad regidas por la ley INEN 1375, la empresa se ha propuesto algunas otras normas de calidad, ya que la línea a pesar de ser automatizada en su totalidad, presenta ciertos puntos que pueden ser utilizados como oportunidades de mejora específicamente sobre el proceso de estampado, porque ahí se presentan la mayoría de paros por falla y paros por desperdicio.

Por esta razón, se ha seleccionado dicho proceso para el desarrollo del proyecto, concretamente para intentar disminuir el desperdicio que se genera, durante el estampado de la tela, lo cual permitirá que la línea Bühler 600, sea más eficiente y eficaz.

- El proceso de secado de la pasta es de suma importancia, ya que este determina la calidad final del producto terminado, la cual será valorada directamente por el consumidor final.

Este proceso está controlado por un sistema de sensores propios de la línea Bühler 600, los cuales permiten controlar la extracción de la humedad dentro del túnel, haciendo

que el proceso sea sumamente preciso y no presente muchos defectos.

Debido a que los procesos de la línea Bühler 600 son procesos lineales continuos, es decir, todo está conectado a tal punto que si algo sale mal o algún parámetro no es el adecuado durante los procesos iniciales; los procesos consecuentes o los finales se verán afectados directamente.

Por este motivo, se ha elegido monitorear el proceso de secado, ya que las decisiones que se tomen para mejorar el proceso de estampado afectaran directamente a la calidad del producto final.

En conclusión, el proyecto se concentrará en utilizar herramientas como el Control Estadístico de Procesos para controlar y disminuir la variabilidad del proceso, y el Diseño Experimental para encontrar la serie de parámetros que permitan disminuir de una manera considerable los desperdicios que se generan durante el proceso de estampado, pero sin afectar la calidad del producto final, ya que ésta ha sido la característica que ha permitido que la empresa Fideos PACA se mantenga dentro del mercado durante tanto tiempo.

2.5.- Diagramas de Flujo:

2.5.1.- Diagrama de Flujo del Proceso de Fabricación del Fideo Laminado (Línea Bühler 600).

ELABORACION DE FIDEO LAMINADO LINEA BUHLER 600							
Flujo	#	Responsable	¿Cuándo Hace?	¿Con que?	Resultado Esperado	Indicadores	Tiempo
Inicio							
Preparación Línea Producción	1	- Operadores de Línea	- Al inicio de la producción se transporta la harina a los silos del pastificio	- Instructivo - Tubex de los Silos del Pastificio	- Dejar la Maquinaria lista para la Producción	- Tiempo	4 horas
Elección del Formato	2	- Gerente de Producción	- Al momento de la planificación de la producción	- Inventario de Pedidos - Orden de Producción	- Molde se encuentre en buenas condiciones para iniciar la producción - Obtener los parámetros requeridos para la producción del formato elegido	- Tiempo	30 minutos
Dosificación	3	- Operario de la Línea (Amasador)	- Cuando los niveles de harina se encuentran bajos, se realiza el transporte y se realiza una correcta dosificación del agua y la harina	- Dosificador - Ronflow - Silo de Harina	- Es tener la cantidad necesaria de materia prima (harina) para la producción - Permitir la mezcla de agua y harina dentro de los parámetros de requerimiento	- Kg. / hora - litros / hora	30 minutos
Amasado	4	- Operario de la Línea	- Después de la correcta dosificación	- Amasadora - Prensa	- Mezcla Homogénea lista para el formado de la pasta	- Kg. / hora	1 hora
Formado	5	- Operario de la Línea	- Una vez que se obtiene una mezcla uniforme, de aquí pasa a la laminadora, la cual forma la tela de pasta. - La tela de pasta entre a la estampadora y se forma el fideo.	- Laminadora - Estampadora	- Pasta Formada	- Kg. / hora - Presión (bi)	2 segundos
Secado	6	- Operario de Línea	- Terminación del proceso de formado	- Trabajo - Tunnel de Secado - Elevadores	- Extracción de la humedad hasta en 98%. Del 15 al 20% se realiza en el trabajo (pre - secado)	- Humedad - Temperatura	8 a 12 horas
Fin							

Ilustración 4. Diagrama de Flujo del Proceso de Fabricación Fideo Laminado.

2.5.2.- Diagrama de Flujo del Proceso de Formado del Fideo Laminado (Línea Bühler 600).

PROCESO DE FORMADO DEL FIDEO LAMINADO DE LA LINEA BUHLER 600							
Flujo	#	Responsable	¿Cuándo Hace?	¿Con que?	Resultado Esperado	Indicadores	Medida
Inicio							
Laminado	1	- Operadores de la Línea	- Cuando la masa este homogenizada, se pasa a través del cilindro corrugado perteneciente a la maquina laminadora	-Maquina Laminadora. -Regulación de los cilindros corrugados para el espesor de la Tela.	- Tela de Pasta con el espesor adecuado	- Tiempo	5 minutos
Estampado	2	- Operadores de la Línea	-Cuando la pasta de tela tiene las características y consistencia adecuadas entra al cilindro liso para luego darle la forma del fideo dentro del molde troquelador	-Maquina Estampadora -Con los parámetros adecuados dependiendo del formato	- Fideo Formado con el formato elegido en el molde	- Golpes x minuto	350 golpes
Fin							

Ilustración 5. Diagrama de Flujo del Proceso de Formado Fideo Laminado

2.6.- Diagnóstico actual de la línea de producción

2.6.1.- Contenido Básico:

La línea de producción Bühler 600, durante los últimos años ha venido operando con los mismos parámetros (valores de calibración y ajuste en las maquinas como: velocidad, potencia, dosificación y temperatura), y nunca se ha realizado un estudio para determinar si dichos parámetros son los adecuados para obtener la mejor calidad de la pasta.

Actualmente, la calidad de la pasta se encuentra determinada por parámetros de humedad, espesor de la tela de pasta, tiempo de cocción y tiempo de sobre cocción. La calidad del producto final está siendo medida o controlada, en su mayoría en la parte final del proceso, es decir, una vez que la pasta ya se encuentra seca, y no tanto durante el proceso productivo de la misma.

A pesar de que la línea Bühler 600, es en su mayoría automatizada, presenta desperdicios durante el proceso de estampado, los cuales hasta el momento no han sido analizados detenidamente para determinar las causas que ocasionan dicho suceso. Además este proceso es el único dentro de la línea que requiere en un 100% de la mano del hombre, es decir, que para realizar actividades como el cambio de molde, calibración, y ajuste de parámetros se necesita operadores de línea. Esto implica que dentro del proceso exista un porcentaje de falla debido al error humano, el cual puede ser minimizado pero nunca puede llegar a ser cero, sobre todo debido a que la línea Bühler 600 trabaja tres turnos, con dos operarios por turno, lo cual hace aun más difícil el control del error humano.

2.6.2.- Características de la Calidad de la Pasta:

La calidad de la pasta está determinada por los parámetros de: humedad, contenido de gluten, espesor, tiempo de cocción y tiempo de sobre cocción, los cuales son medidos una vez que la pasta ya se encuentra seca, es decir, en el último paso del proceso productivo. Para que la pasta sea considerada de buena calidad debe cumplir con ciertos valores dentro de los parámetros anteriormente mencionados (Ver Anexo 4 y Anexo 5):

Parámetro	Valor
Humedad	Min.12% - 13% Máx.
Gluten	Min. 30% - 34% Máx.
Espesor	0.5 cm \pm 0.05cm
Cocción	10 minutos \pm 20%
Sobre cocción	30 minutos \pm 25%

Tabla 2. Parámetros de la Calidad de la Pasta.

Los valores de dichos parámetros son medidos a través de análisis de laboratorio, que se realizan dentro del Departamento de Control de Calidad, los cuales son registrados y archivados, obteniendo una base de datos para realizar futuras comparaciones y ajustes (Ver Anexo 17).

2.6.3.- Reconocimiento de las variables utilizadas para el Proyecto:

Una vez identificadas y justificadas las variables medibles más significativas para la empresa con respecto a la línea de producción Bühler 600, el siguiente paso es obtener los datos de dichas variables y compararlas con los rangos óptimos establecidos por la empresa. Para esto se acudió a los records históricos de la línea de producción, en donde se miden un sinnúmero de características, entre ellas las variables deseadas.

Para el presente estudio se pudo acceder a fichas históricas de los últimos 6 meses (Ver Anexos 8 al 13), desde Agosto del 2007 a Enero del 2008, las cuales son lo suficientemente significativas para poder determinar cuántas veces se ha incumplido con los parámetros establecidos y a su vez cuales son las variables con mayor frecuencia de incumplimientos.

Dado esto, se procedió a determinar la frecuencia de las siguientes variables: humedad, cocción, sobre-cocción, espesor de tela, gluten y desperdicio. Para un entendimiento más profundo, en el siguiente recuadro se expone cada variable, con su frecuencia de incumplimiento de los parámetros establecidos por la empresa Fideos PACA y una descripción de las posibles causas por las cuales el proceso no cumple con dichos límites de tolerancia.

Variable	Descripción	Frecuencia
Humedad	<ul style="list-style-type: none"> • Mala graduación de la velocidad del túnel de secado. • Existe una mala dosificación de agua en la amasadora • Mala lectura de los sensores de medición de humedad y temperatura. • Mala calibración de la temperatura en el túnel de pre secado. 	451
Cocción	<ul style="list-style-type: none"> • Mala calibración de los cilindros corrugados. • Mala calibración del estampador. 	78
Sobre-Cocción	<ul style="list-style-type: none"> • Mala formación del formato. • Mal secado dentro del túnel. 	90
Espesor de la Tela	<ul style="list-style-type: none"> • Existe mala calibración de los cilindros lisos y corrugados. • Existe una mala regulación de la excéntrica de las estampadoras. 	380
Gluten	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando la materia prima no cumple los requerimientos de porcentaje de gluten establecido en la Norma INEN 616 (Ver Anexo 5), utilizado por la empresa Fideos PACA. 	57
Desperdicio	<ul style="list-style-type: none"> • Mala calibración en el estampado. • Existe desperdicio debido a estancamientos de masa en los cilindros. • Existe debido a que la masa no se encuentra bien compactada por los cilindros. • Existe desperdicio cuando en los bajantes del silo de almacenamiento se produce un resquebrajamiento del producto. 	573

Tabla 3. Tabla de Análisis de Causa y Efecto

Agosto 2007 – Enero 2008

Hasta 1440 Fichas.

De estas categorías se realizó un diagrama de Pareto en función de las frecuencias encontradas para cada categoría. El diagrama se muestra a continuación:

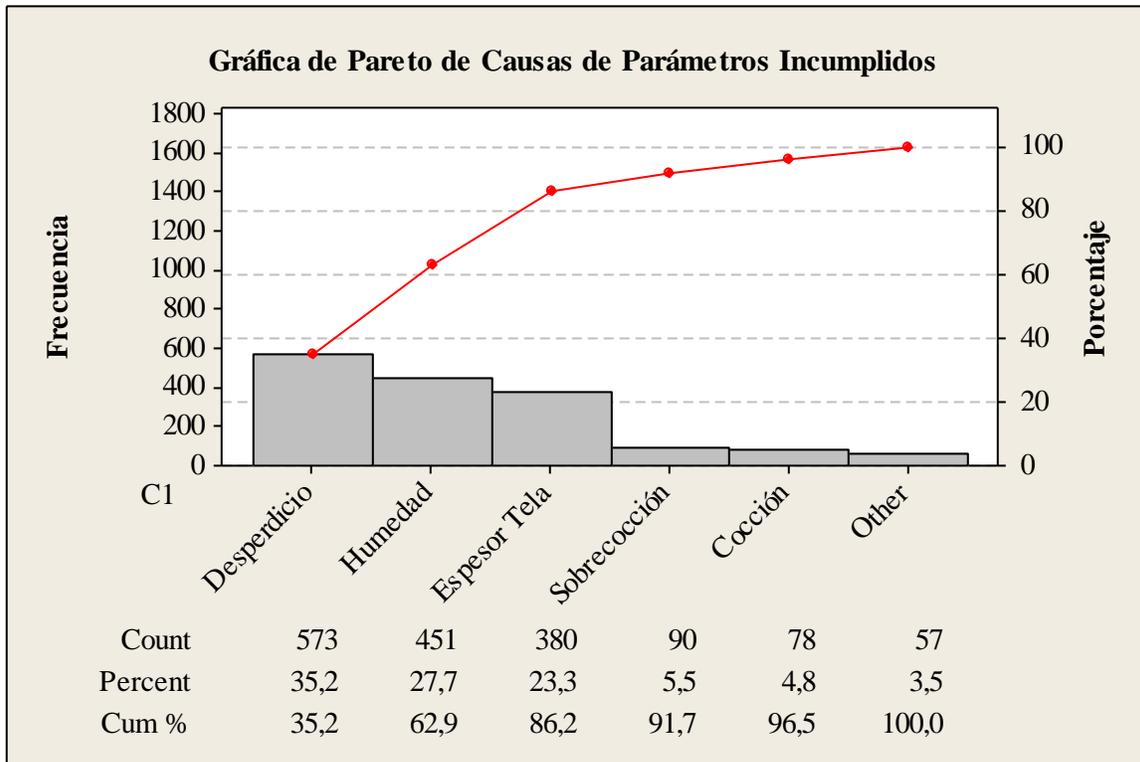


Ilustración 6. Gráfica de Pareto de Causas de Parámetros Incumplidos

Como se puede apreciar en la gráfica de Pareto, las fichas técnicas demostraron que el mayor número de frecuencias fuera del rango establecido se encontraban concentradas en 3 variables: desperdicio, humedad y espesor de la tela. Dichas tres variables representan más del 86% del total de las inconsistencias, lo que significa que el mayor número de fallas se está dando en estas 3 variables.

Con estos antecedentes, se procederá a enfocar el siguiente estudio en estas 3 variables de respuesta. Para esto se utilizara el control estadístico de procesos ya que es necesario diagnosticar, estabilizar y controlar dichos procesos, para obtener una disminución en la variabilidad de los mismos.

3. Estabilización del Proceso productivo mediante la utilización del CEP.

3.1.- Plan de Muestreo

Para determinar el estado en que se encuentra trabajando la línea Bühler 600 es necesario recolectar toda la información necesaria del proceso. Para esto se ha elegido trabajar con las características principales que inciden en la calidad del producto como lo son: porcentaje de desperdicio, porcentaje de humedad del producto terminado y espesor de la tela de la pasta.

Dado que las características de la calidad no son atributos, sino variables, se procederá a utilizar las Gráficas de Control tipo \bar{X} ya que ésta indica cómo se relaciona la muestra con la media del proceso. De igual manera se utilizará las Gráficas R ya que representa la cantidad de dispersión presente en cada muestra. Mediante ambos gráficos se puede determinar si el proceso se encuentra bajo control estadístico.

3.1.1.- Porcentaje de Desperdicio

La línea de producción Bühler 600 tiene 2 procesos, en la cual se produce desperdicio de la pasta. El primer proceso es el de laminado, que se origina en los cilindros lisos, los cuales se producen la tela de pasta laminada. En ese punto se produce desperdicio debido a que existen ciertas ocasiones en la cual se traba la tela de pasta antes de entrar al proceso de estampado, entonces cuando sucede esto un operador debe de estar precavido, ya que manualmente se procede a cortar la tela de pasta y el operador cuadra la tela de pasta dentro del cilindro liso. El desperdicio se procede a depositarlo en un envase en la parte baja de la línea de producción. Cabe recalcar que durante todo este proceso la línea de producción nunca para, es por esto la necesidad de que cuando se trabe la tela de pasta el operador rápidamente tiene que cortarla y cuadrar la nueva tela de pasta en el cilindro.

El segundo punto donde se produce desperdicio es en el proceso de estampado. En dicho proceso el desperdicio depende del espesor de la tela de pasta y de la velocidad del estampado. El desperdicio se puede producir si el espesor de tela es demasiado grueso, ya

que al momento del estampado el exceso de masa de la tela es desperdiciado. Por lo contrario si el espesor de la tela de pasta es fino, existe el peligro de que la tela de pasta se pegue en los moldes. Naturalmente en este proceso existe desperdicio ya que los moldes no abarcan a utilizar toda la superficie de la tela de pasta, por lo que se producen recortes de dicha tela.

Para el presente estudio se procede a medir el desperdicio producido solo en los cilindros lisos ya que dicho desperdicio es almacenado dentro de un envase, lo cual hace posible medir el peso del desperdicio con una balanza electrónica antes de ser utilizado como reproceso. No se procede a medir el desperdicio en el proceso de estampado ya que el desperdicio producido es transportado a través de una banda de recortes dentro de la línea de producción al proceso de amasado. Debido a esta razón no es posible determinar ni medir la cantidad de desperdicio producido por dicho proceso ya que continuamente el desperdicio es transportado internamente para su respectivo reproceso.

Se procedió a diseñar el plan de muestreo de la siguiente forma:

1. Los datos recolectados fueron obtenidos aleatoriamente.
2. Debido a que el desperdicio en los cilindros lisos no son producidos continuamente, se procedió a tomar una muestra por cada día de trabajo. Dicha muestra está compuesta por un subgrupo de 5 datos, los cuales fueron recolectados cada uno con un intervalo de 1 hora completando en 5 horas la muestra en un mismo día de trabajo (Ver Anexo 14).
3. Cada muestra fue tomada de un mismo turno ya que depende del plan de producción del fideo laminado formato fantasía.
4. En total se tomaron 25 muestras en 25 diferentes días entre el mes de febrero y marzo. Se procedió a tomar esta cantidad de muestras debido que son las necesarias para realizar gráficas de control tipo \bar{X} y R con límites de control confiables¹⁸.

¹⁸ Montgomery, Douglas. Statistical Quality Control. Ed. Jhon Wiley and Sons Inc. Fifth Edition. United States: 2005. 196

3.1.2.- Porcentaje de Humedad

Para la recolección de datos del porcentaje de humedad, se procedió a tomar las distintas muestras del producto terminado una vez que el fideo sale del túnel de secado. Se optó por esta fase debido a que es la única forma en la que se puede determinar si el producto final cumple con los requerimientos impuestos por la empresa.

El plan de muestreo fue diseñado de la siguiente forma:

1. Los datos recolectados fueron obtenidos aleatoriamente.
2. Para mantener una coherencia con los otros planes de muestreo del presente estudio, se procedió a tomar cada muestra del producto terminado de un subgrupo de 5 datos recolectados. Cada dato recolectado fueron tomados en un mismo día, pero con un intervalo de 1 hora entre datos para así formar la muestra (Ver Anexo 15).
3. Procedimiento de recolección de la muestra:
 - a) Coger una muestra de harina en una funda pequeña.
 - b) Abrir la tapa de la balanza y colocar los platillos.
 - c) Tapar la balanza.
 - d) Coger con la espátula la muestra y colocar alrededor de 0,5 gramos en la balanza (moisture balance).
 - e) Cerrar la tapa de la balanza.
 - f) Pulsar STAR, esperar hasta que la balanza muestre el dato exacto de humedad, esto se verá comprobado con un sonido que emite la misma.
 - g) Reportar los resultados correspondientes.
4. Cada muestra fue tomada de un mismo turno ya que depende del plan de producción del fideo laminado formato fantasía.
5. En total se tomaron 25 muestras en 25 diferentes días del mes de febrero y marzo del 2008. Se procedió a tomar esta cantidad de muestras debido que son las necesarias para realizar gráficas de control tipo \bar{X} y R con límites de control confiables¹⁹.

¹⁹ Montgomery, Douglas. Statistical Quality Control. Ed. Jhon Wiley and Sons Inc. Fifth Edition. United States: 2005. 196

3.1.3.- Espesor de la Tela

El plan de muestreo del espesor de la tela de pasta se lo definió en base al plan de muestreo realizado para determinar la cantidad de desperdicio producido en los cilindros lisos. Esto se debe ya que en una línea de producción continua no hay manera de tomar el espesor de la tela sin antes parar la línea de producción; razón por la cual se determinó que la forma ideal de tomar el espesor de la tela es cuando se produce el desperdicio en los cilindros lisos, ya que dicho desperdicio sale en forma de tela de pasta, y así se procede a tomar su respectivo espesor con un calibrador pie de rey sin necesidad de para la línea de producción.

El plan de muestreo fue diseñado de la siguiente manera:

1. Los datos recolectados fueron obtenidos aleatoriamente.
2. Debido a que el espesor de la tela no puede ser tomado sin antes parar la línea de producción, se procedió a tomar las muestras de la misma forma que el plan de muestreo del desperdicio. Se tomo una muestra por cada día de trabajo. Dicha muestra está compuesta por un subgrupo de 5 datos, los cuales fueron recolectados cada uno con un intervalo de 1 hora completando en 5 horas la muestra en un mismo día de trabajo (Ver Anexo 16).
3. Cada muestra fue tomada de un mismo turno ya que depende del plan de producción del fideo laminado formato fantasía.
4. En total se tomaron 25 muestras en 25 diferentes días entre el mes de febrero y marzo. Se procedió a tomar esta cantidad de muestras debido que son las necesarias para realizar gráficas de control tipo \bar{X} y R con límites de control confiables²⁰.
5. Las medidas fueron tomadas al momento que la tela de pasta sale del cilindro laminador ya que es la única etapa durante todo el proceso productivo en que se forma la tela porque luego es estampada para ser convertida en fideo fantasía.
6. Se utilizó un calibrador (pie de rey), el cual proporciona medidas exactas en milímetros.

²⁰ Montgomery, Douglas. Statistical Quality Control. Ed. Jhon Wiley and Sons Inc. Fifth Edition. United States: 2005. 196

3.2.- Gráficas de Control

Como ya se mencionó anteriormente en el Capítulo de Marco Teórico, las gráficas de control tienen un sinnúmero de cualidades, entre las mismas esta determinar la variabilidad natural con la que el proceso se encuentra trabajando. De acuerdo a esta variabilidad o ruido natural del proceso mismo, se puede determinar si el proceso es apto para cumplir con los requerimientos específicos del producto, en este caso el del fideo laminado Fantasía. Para poder determinar esto, es necesario realizar las gráficas de control tipo \bar{X} y R con los datos obtenidos, debido a que son gráficas comúnmente utilizadas en datos numéricamente definidos, conocidas como gráficas por variables²¹. Las Gráficas \bar{X} monitorean el promedio del nivel de calidad del proceso, mientras que las Gráficas R miden la variabilidad entre muestras.

Existen ciertas condiciones por las cuales se pueden validar las Gráficas de Control. Para empezar una vez obtenidos los datos, se procede a graficar los mismos. Para el análisis de dichos gráficos, primero se debe empezar por los Gráficos R ya que de ellos depende la variabilidad del proceso. Si la Gráfica R se encontrase bajo control estadístico, se procede a analizar la Gráfica \bar{X} . En el caso de que no se encuentre bajo control estadístico, esto significa que los datos, no cumplen con las reglas de las gráficas de control.

Las reglas para determinar si las gráficas de \bar{X} se encuentran fuera de control estadístico son las siguientes²²:

- 1 punto más allá de la zona de control: se estima que la probabilidad de que pase esto es suficientemente baja (de hecho es inferior al 0.3%) como para sospechar que el sistema está fuera de control.
- 2 de 3 puntos consecutivos en la zona de control: similar al caso anterior, ya que la

²¹ Montgomery, Douglas. Statistical Quality Control. Ed. Jhon Wiley and Sons Inc. Fifth Edition. United States: 2005. 195

²² Montgomery, Douglas. Statistical Quality Control. Ed. Jhon Wiley and Sons Inc. Fifth Edition. United States: 2005.

probabilidad de que esto suceda es inferior al 0.0625%.

- 4 de 5 puntos consecutivos en la zona de aviso o más allá.
- 9 puntos consecutivos a un lado de la línea central (ya sea por encima de ella o por debajo): este caso suele constituir un desplazamiento del promedio o del valor central, generalmente debido a un cambio significativo en el sistema.
- 6 puntos consecutivos en línea ascendente o descendente: se considera que el sistema sigue una tendencia no aleatoria.
- 14 puntos consecutivos alternando arriba o abajo: fenómeno cíclico o series temporales.
- 8 puntos consecutivos por encima y por debajo de la zona de control: 2 poblaciones diferentes.
- 15 puntos consecutivos en la zona de control: esto implica una mejora de la precisión y una menor desviación estándar asociada. Se tendrían que volver a re-calcular los límites de aviso y de control.

Las reglas para las gráficas de R son las siguientes²³:

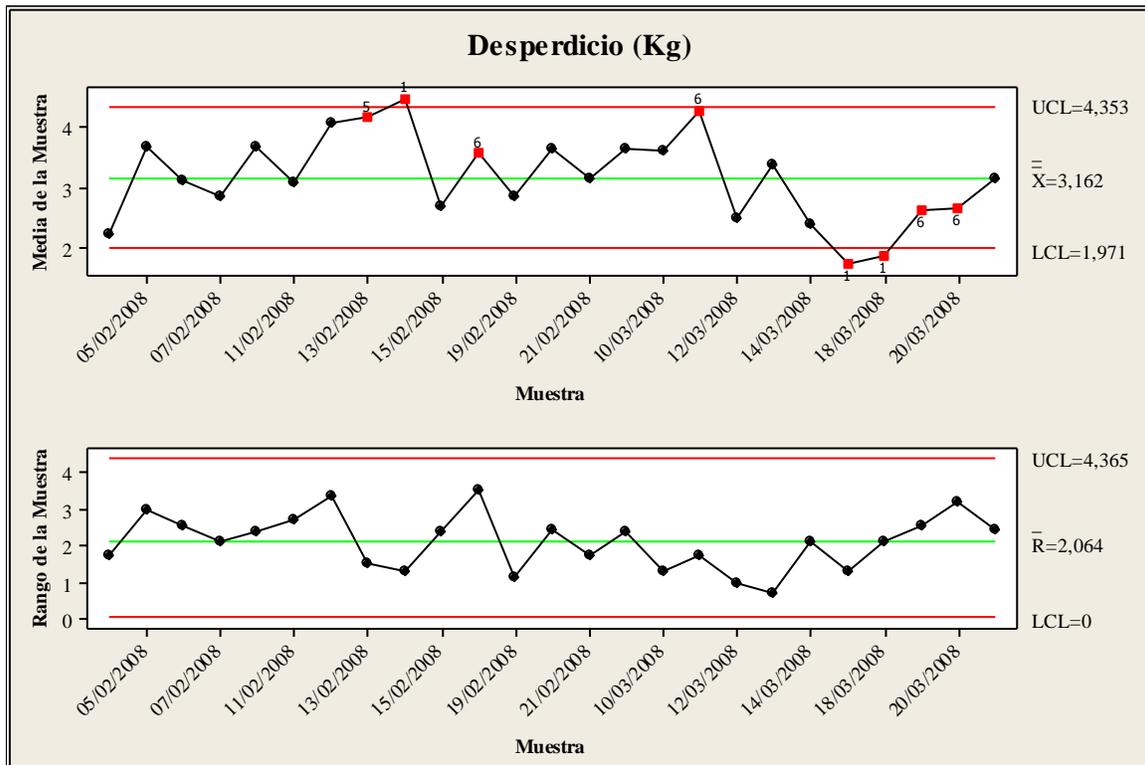
- 1 punto a más desviaciones estándar de la línea central.
- 9 puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central
- 6 puntos consecutivos todos crecen o decrecen
- 14 puntos consecutivos alternando arriba o abajo.

Si se identifican que los puntos fuera de control se deben a causas asignables como por ejemplo cambios de turno, daño en las maquinarias, uso de herramientas dañadas, entre otros, se puede proceder a eliminar dichos puntos y a volver a graficar para así determinar los verdaderos límites naturales de tolerancia del proceso. En el caso de que el proceso siga estando fuera de control, se puede deber a que se encuentran fallas en el sistema del proceso las cuales deben ser corregidas.

²³ Montgomery, Douglas. Statistical Quality Control. Ed. Jhon Wiley and Sons Inc. Fifth Edition. United States: 2005.

A continuación se proceden a graficar las variables de respuestas definidas anteriormente:

3.2.1.- Medición del Peso (Kg) del Desperdicio de la Pasta Laminada (Fideo Fantasía)



Gráficas de Control 1. Medición del Desperdicio de la Pasta Laminada (1^{er} proceso, Fase 1).

Las gráficas de control mostradas a continuación representan los datos tomados de la medición del peso del desperdicio antes de entrar a la estampadora. Como se puede apreciar, la grafica R se encuentra bajo control estadístico. Por lo contrario, en el grafico \bar{X} existen varios puntos los cuales se encuentran fuera de los límites naturales de tolerancia del proceso y otros que no cumplen con las reglas de las gráficas de control (muestras= 8, 9, 11, 17, 21, 22, 23 y 24).

A continuación se representan las pruebas de control a través de un check list:

<i>Pruebas sobre la gráfica \bar{X}</i>	<i>Pasa</i>	<i>No pasa*</i>
Prueba 1: Puntos Extremos <i>1 punto a más de 3 desviaciones estándar de la línea del centro</i>		9, 21, 22
Prueba 2: 2 de 3 puntos en zona A o más <i>2 puntos de 3 a más de 2 desviaciones estándar de la línea central (en el mismo lado)</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 3: 4 de 5 puntos en zona B o más <i>4 puntos de 5 a más de 1 desviación estándar de la línea central (en el mismo lado)</i>		8
Prueba 4: Corrida sobre o debajo de la línea central <i>9 puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 5: Tendencia Lineal <i>6 puntos consecutivos todos crecen o decrecen</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 6: Tendencia Oscilatoria <i>14 puntos consecutivos alternan arriba y abajo</i>		11, 17, 23, 24
Prueba 7: Corrida fuera de la zona C <i>8 puntos consecutivos a más de 1 desviación estándar de la línea central (en cualquier lado)</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 8: Corrida en la zona C <i>15 puntos consecutivos dentro de 1 desviación estándar de la línea central (en cualquier lado)</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Tabla 4. Pruebas de Control sobre la gráfica \bar{X} de la medición del Desperdicio.

<i>Pruebas sobre la gráfica Rango</i>	<i>Pasa</i>	<i>No pasa*</i>
Prueba 1: Puntos Extremos <i>1 punto a más de 3 desviaciones estándar de la línea del centro</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 2: Corrida sobre o debajo de la línea central <i>9 puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 3: Tendencia Lineal <i>6 puntos consecutivos todos crecen o decrecen</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 4: Tendencia Oscilatoria <i>14 puntos consecutivos alternan arriba y abajo</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Tabla 5. Pruebas de Control sobre la gráfica del Rango de la medición del Desperdicio.

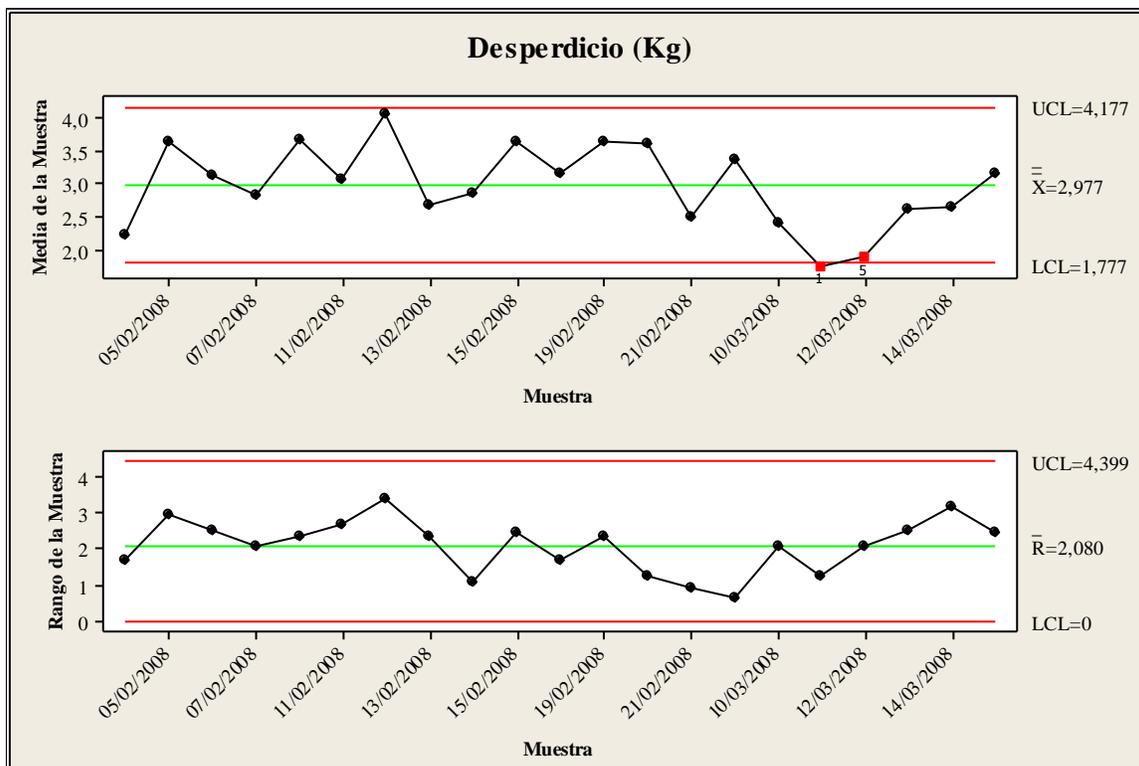
En conclusión, el gráfico del Rango (R) se encuentra bajo control estadístico debido a que sus muestras se encuentran dentro de los límites de tolerancia natural del proceso y cumplen con las pruebas de control. Por lo contrario, el gráfico de \bar{X} no se encuentra bajo control estadístico ya que varios de sus muestras incumplen con las pruebas 1, 3 y 6 de control. Una vez identificado los puntos fuera de control se procede a identificar cuáles fueron las causas asignables para que dichas muestras tengan esos valores.

3.2.1.1.- Determinación de Causas Asignables para el Peso (Kg) del Desperdicio.

Debido a que en este caso la variable graficada es el desperdicio, es necesario determinar si las muestras que se encuentren fuera del rango estadístico se deben a causas asignables, especialmente las que se encuentran por encima del límite superior ya que el propósito de este estudio es reducir hasta en un 50% el desperdicio actual de la línea de producción Bühler 600.

Para las muestras 8 y 9 hubo incremento en el desperdicio debido a que en esos días hubo problemas en la calibración de los cilindros, los cuales incrementaron el ancho de la tela de pasta produciendo así mayor desperdicio. Asimismo, en la muestra 17 hubo una mala dosificación del agua y de harina provocando que la tela de pasta se estire más, ocasionando una mayor producción de desperdicio. Para efectos del estudio, no se procederá a eliminar las muestras 21, 22, 23 y 24 debido a que el objetivo es que el desperdicio sea cero.

Se procedió a eliminar las muestras antes mencionadas debido a que se determinó que procedían de causas asignables, consecuentemente se gráfico de nuevo los datos:



Gráficas de Control 2. Medición del Desperdicio. Proceso Bajo Control.

Como se puede ver en la gráfica \bar{X} del proceso, no se encuentra bajo control estadístico, ya que una vez eliminados los puntos anteriormente definidos todavía las muestras 17 y 18 se encuentran fuera del rango permitido. Se determinó no eliminar dichas muestras ya que el propósito general del estudio es reducir al máximo el desperdicio, y al eliminar dichos puntos se estaría obteniendo una media del peso del desperdicio mayor a la establecida en este gráfico. Además, se determinó que las muestras 17 y 18 fueron bajas debido a que hubo una buena calibración en las máquinas, la harina se encontraba reposada (pasó más tiempo en los silos de almacenamiento del molino) y en dichos turnos se encontraban los operadores mejor capacitados de toda empresa.

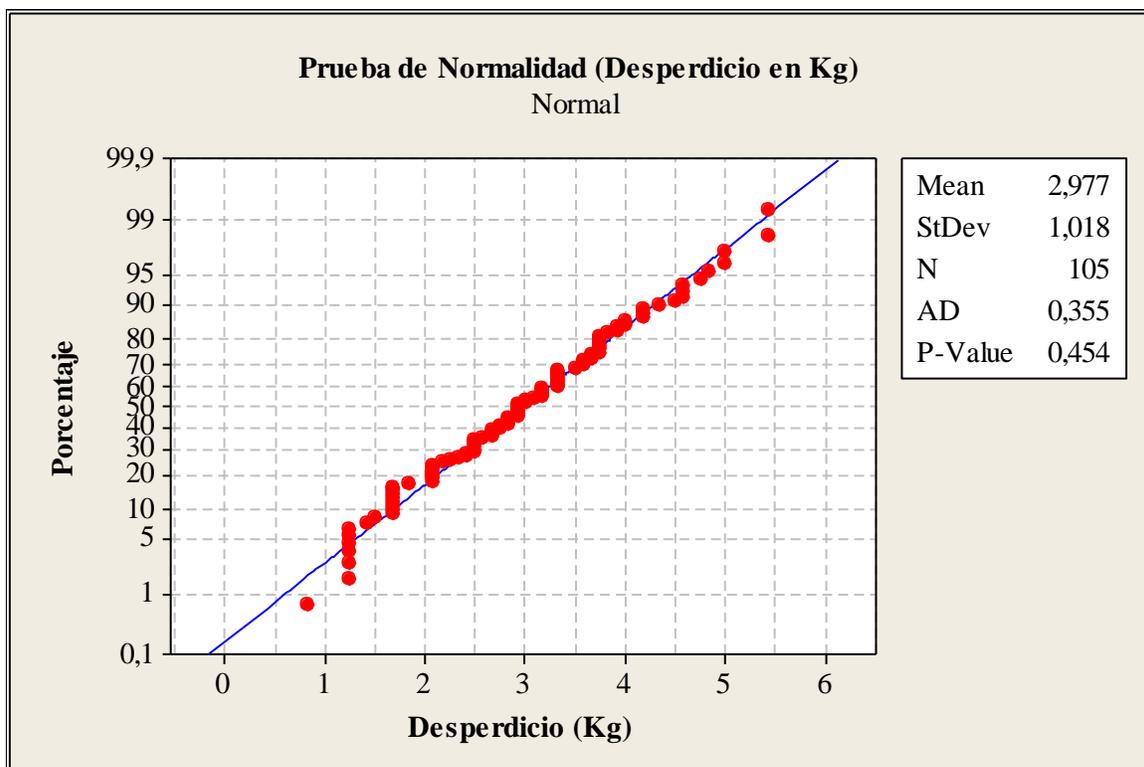
Ahora, es necesario validar los datos obtenidos comprobando que proceden de una distribución normal; entonces, se deriva a realizar una prueba de hipótesis para así a través de un Gráfico de Trazado de Probabilidad, aceptar o rechazar una de las opciones de la prueba de hipótesis.

Pruebas de Hipótesis

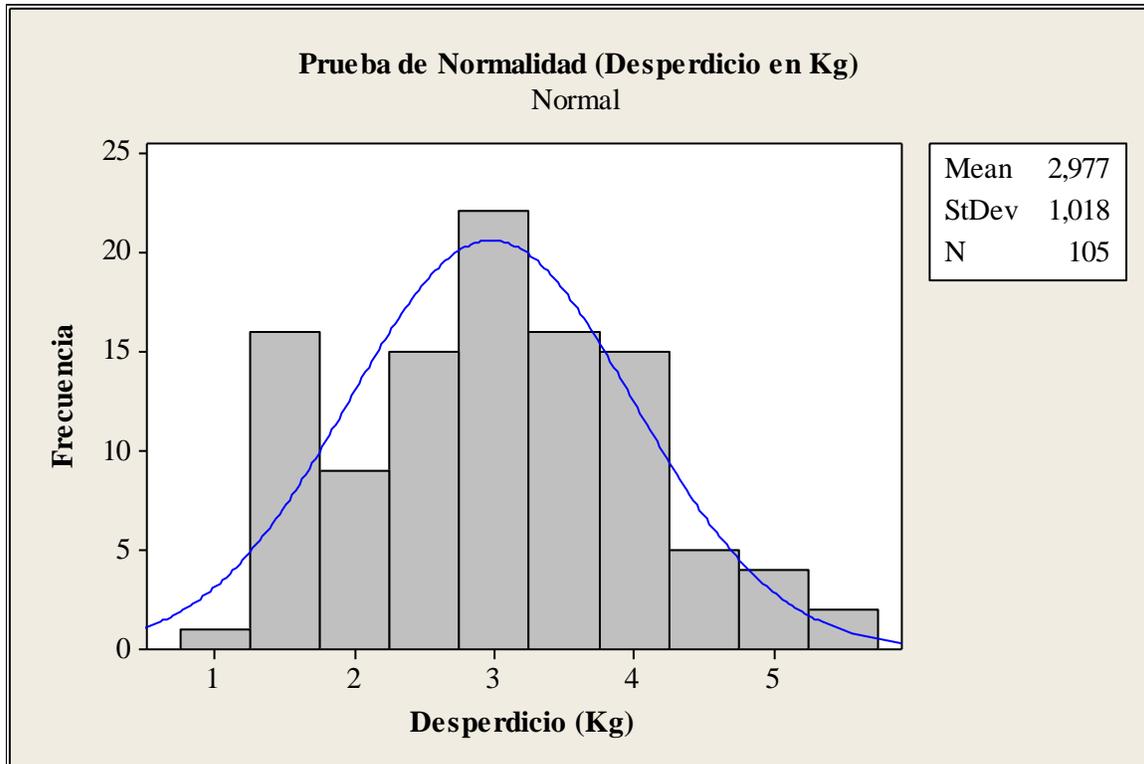
Para validar las gráficas obtenidas anteriormente, se debe realizar una prueba de hipótesis de la normalidad de los pesos obtenidos. Para dicho estudio se utiliza el error tipo I ($\alpha=0.05$) en el que se concluye que los datos no siguen una distribución normal cuando en realidad si lo hacen. Para esto se utiliza Minitab y se realiza una prueba de normalidad.

Ho: Las pesos vienen de una distribución normal.

Ha: Las pesos no vienen de una distribución normal.



Pruebas 1. Prueba de Normalidad (Desperdicio en Kg)

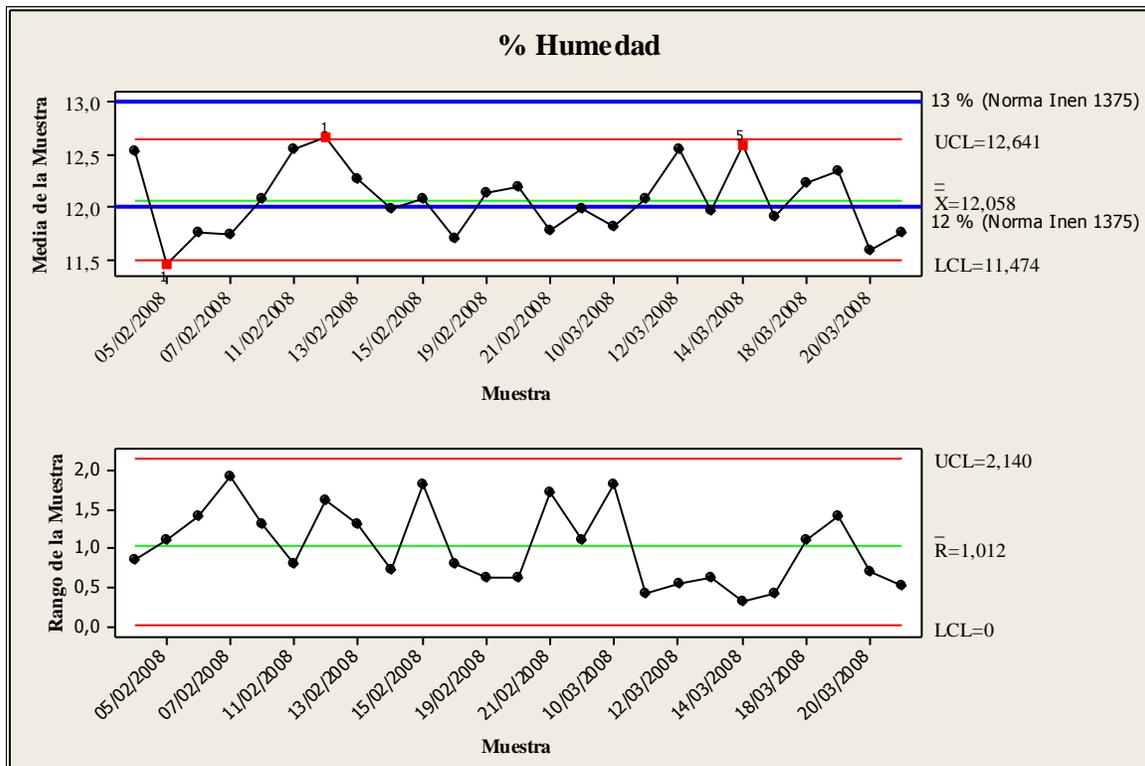


Pruebas 2. Prueba de Normalidad con Histograma (Desperdicio en Kg).

Como se puede apreciar en la gráfica, los datos del peso siguen una distribución normal. Se realizó una prueba de normalidad tipo Anderson Darling ya que se utilizaron todos los datos de los pesos. El valor P de la prueba es mayor que el valor alfa que se da a la prueba ($\alpha=0.05$), con lo cual no se rechaza la hipótesis de que las medias son normales y así confirmando la normalidad de los datos.

En conclusión, la gráfica del Rango se encuentra bajo control estadístico mientras que la gráfica de \bar{X} no, debido a que se decidió no eliminar las muestras 17 y 18 ya que el trabajo hecho ese día fue el que produjo mejor desperdicio que los anteriores. Cabe recalcar que el objetivo es reducir al máximo el desperdicio, y dichas causas asignables representan el trabajo que debería realizarse diariamente.

3.2.2.- Medición del Porcentaje de Humedad de la Pasta Laminada (Fideo Fantasía)



Gráficas de Control 3. Medición del Porcentaje de Humedad Pasta Laminado (1^{er} proceso, Fase 1).

Las gráficas de control mostradas a continuación representan los datos tomados de la medición de la humedad del producto terminado. Como se puede apreciar, la gráfica R se encuentra bajo control estadístico. Por lo contrario, en el gráfico \bar{X} existen varios puntos los cuales se encuentran fuera de los límites naturales de tolerancia del proceso (muestras= 2 y 7) y otra que no cumple con una de las pruebas de control de la gráfica. Así mismo se puede observar en la gráfica que se incluyeron los límites de tolerancia de la Norma Inen 1375, y claramente se puede apreciar que 11 muestras de las 25 muestras tomadas, se encuentran fuera del límite inferior de tolerancia.

A continuación se representan las pruebas de control a través de un check list:

<i>Pruebas sobre la gráfica \bar{X}</i>	<i>Pasa</i>	<i>No pasa*</i>
Prueba 1: Puntos Extremos <i>1 punto a más de 3 desviaciones estándar de la línea del centro</i>		2, 7
Prueba 2: 2 de 3 puntos en zona A o más <i>2 puntos de 3 a más de 2 desviaciones estándar de la línea central (en el mismo lado)</i>		7, 20
Prueba 3: 4 de 5 puntos en zona B o más <i>4 puntos de 5 a más de 1 desviación estándar de la línea central (en el mismo lado)</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 4: Corrida sobre o debajo de la línea central <i>9 puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 5: Tendencia Lineal <i>6 puntos consecutivos todos crecen o decrecen</i>		
Prueba 6: Tendencia Oscilatoria <i>14 puntos consecutivos alternan arriba y abajo</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 7: Corrida fuera de la zona C <i>8 puntos consecutivos a más de 1 desviación estándar de la línea central (en cualquier lado)</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 8: Corrida en la zona C <i>15 puntos consecutivos dentro de 1 desviación estándar de la línea central (en cualquier lado)</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Tabla 6. Pruebas de Control sobre la gráfica \bar{X} de la medición del Porcentaje de Humedad

<i>Pruebas sobre la gráfica Rango</i>	<i>Pasa</i>	<i>No pasa*</i>
Prueba 1: Puntos Extremos <i>1 punto a más de 3 desviaciones estándar de la línea del centro</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 2: Corrida sobre o debajo de la línea central <i>9 puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 3: Tendencia Lineal <i>6 puntos consecutivos todos crecen o decrecen</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 4: Tendencia Oscilatoria <i>14 puntos consecutivos alternan arriba y abajo</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Tabla 7. Pruebas de Control sobre la gráfica del Rango de la medición del Porcentaje de Humedad

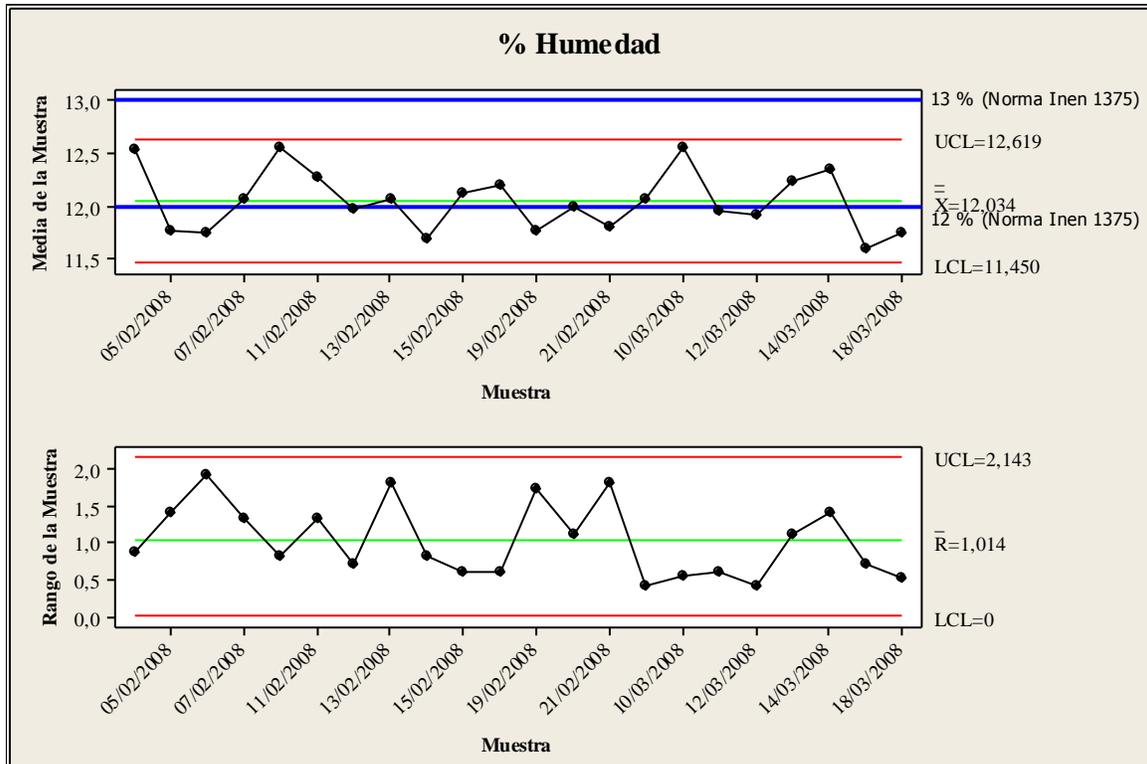
En conclusión, el gráfico del Rango (R) se encuentra bajo control estadístico debido a que sus muestras se encuentran dentro de los límites de tolerancia natural del proceso y cumplen con las pruebas de control. Opuestamente, el gráfico de \bar{X} no se encuentra bajo control estadístico ya que varios de sus muestras incumplen con las pruebas 1 y 2 de control. Una vez identificado los puntos fuera de control se procede a identificar cuáles fueron las causas asignables para que dichas muestras tengan esos valores.

3.2.2.1.- Determinación de Causas Asignables para el Porcentaje de Humedad de la Pasta Laminada

En la Grafica de \bar{X} , 3 de las muestras no cumplieron con los parámetros de las medias, lo que significa que dichos subgrupos representaban a puntos fuera de control. Dado que la documentación de los datos para la respectiva realización de dicho proyecto contempla la anotación de observaciones en cada uno de los subgrupos, se pudo determinar que en las muestras 7 y 20, los niveles de humedad fueron altos (12.66% y 12.58% respectivamente) debido a que en dichas semanas hubo una falla en el pre secador, lo que ocasionó que la pasta no tuviese los niveles adecuados de extracción de humedad. Este impasse fue solucionado en los mismos días, es por esta razón que como se puede observar en la gráfica, los niveles de humedad regresaron a la normalidad en las siguientes muestras.

De la misma forma, en el subgrupo 2 el porcentaje de humedad del promedio de los datos (11.44%) se excedió del límite de control inferior, lo que ocasiona que dicho punto se encuentre fuera de control. La causa asignable para que dicho porcentaje sea tan bajo, se debió a la mala calibración en la dosificación del agua dentro del Roto-flow.

Se procedió a eliminar dichas muestras debido a que se determinó que procedían de causas asignables, consecuentemente se graficó de nuevo los datos:



Gráficas de Control 4. Medición del Porcentaje de Humedad Pasta Laminado. Proceso Bajo Control

Como se puede ver en la gráfica el proceso se encuentra bajo control estadístico, una vez eliminados los puntos y estableciendo las causas que produjeron dicho descontrol. Asimismo dentro de la gráfica se puede apreciar que aunque el proceso se encuentra bajo control estadístico con los límites de tolerancia naturales del proceso, existen puntos fuera de control sobre los límites de tolerancia estipulados por la Norma Inen 1375. Con esto se puede concluir que el proceso presenta una seria cantidad de productos no conformes.

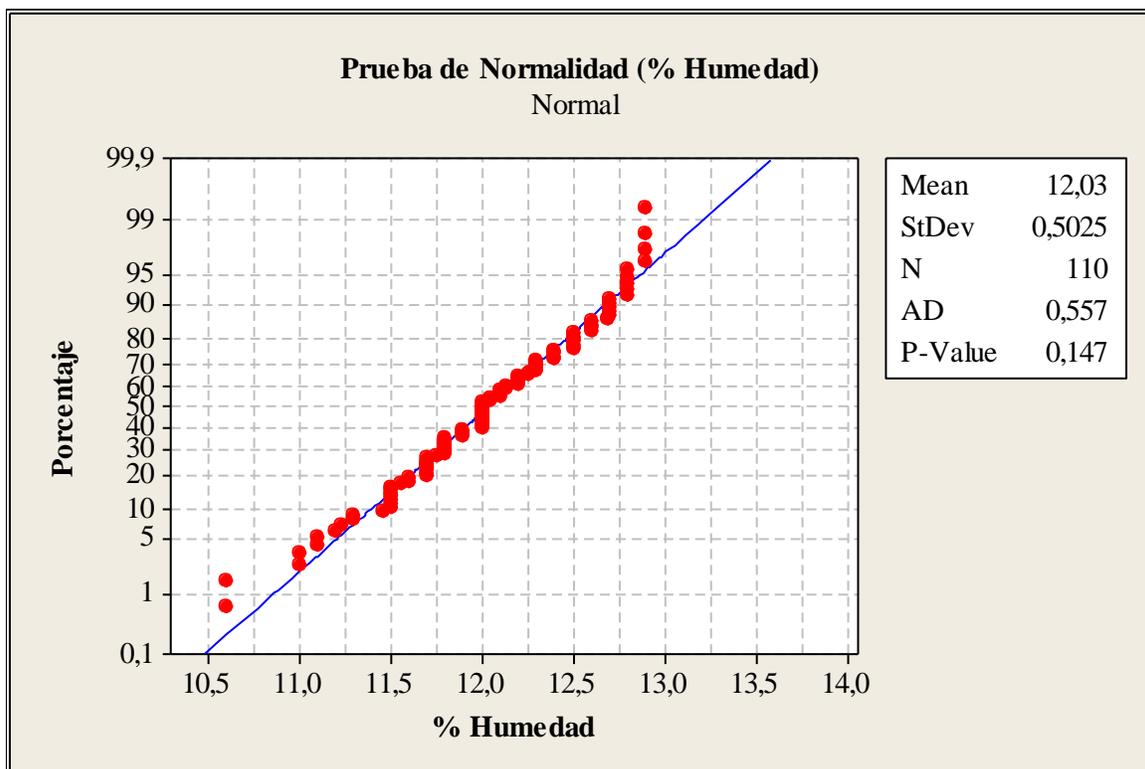
Las condiciones necesarias para que las gráficas realizadas anteriormente sean validadas son: que los datos sean obtenidos aleatoriamente y que dichos datos deben seguir una distribución normal. Como los datos sí fueron obtenidos aleatoriamente, en consecuencia es necesario proceder a determinar su distribución; entonces, se procede a realizar una prueba de hipótesis para así a través de un Gráfico de Trazado de Probabilidad, aceptar o rechazar una de las opciones de la prueba de hipótesis.

Pruebas de Hipótesis

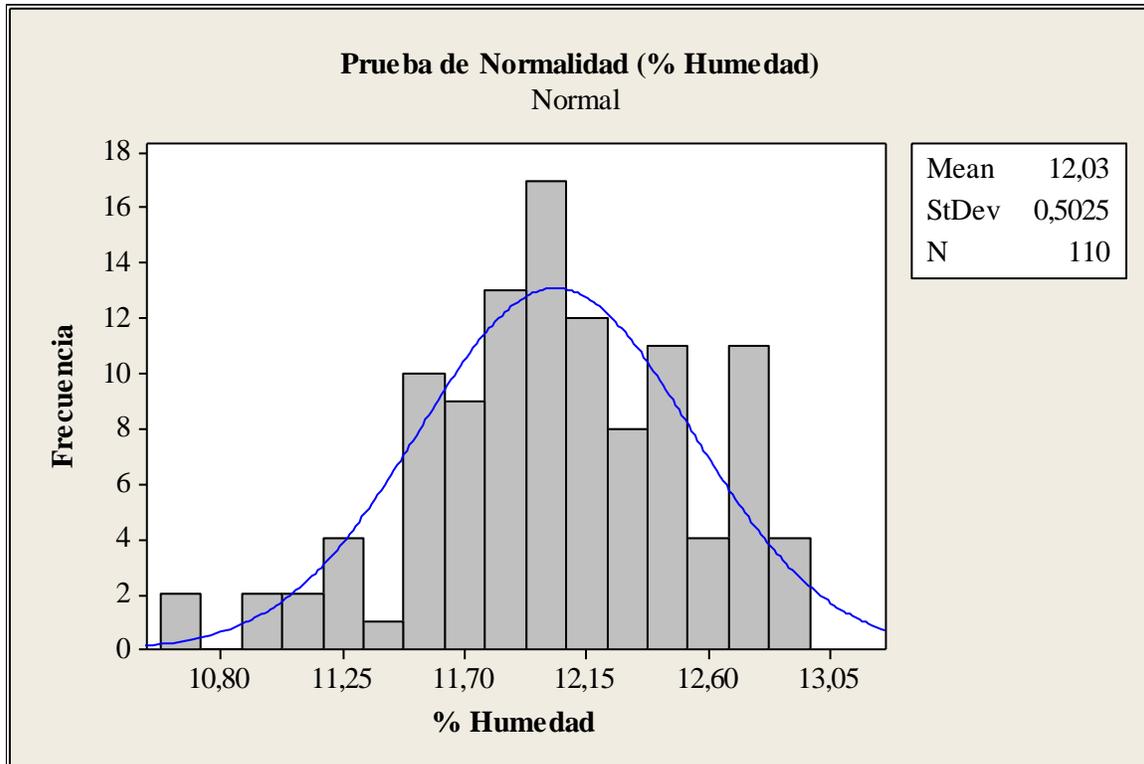
Para validar las gráficas obtenidas anteriormente, se debe realizar una prueba de hipótesis de la normalidad de los porcentajes obtenidos. Para dicho estudio se utiliza el error tipo I ($\alpha=0.05$) en el que se concluye que los datos no siguen una distribución normal cuando en realidad si lo hacen. Para esto se utiliza Minitab y se realiza una prueba de normalidad.

Ho: Las porcentajes vienen de una distribución normal.

Ha: Las porcentajes no vienen de una distribución normal.



Pruebas 3. Prueba de Normalidad (% Humedad)



Pruebas 4. Prueba de Normalidad con Histograma (% Humedad)

Los datos promedios de los porcentajes de humedad siguen una distribución normal. Se realizó una prueba de normalidad tipo Anderson Darling para datos de las medias de las observaciones. El valor P de la prueba es mayor que el valor alfa que se da a la prueba ($\alpha=0.05$), con lo cual no existe suficiente evidencia para rechazar H_0 .

En conclusión, a través de las diferentes herramientas estadísticas se pudo determinar que la variabilidad natural del proceso de producción de la línea Bühler 600 de fideo laminado tiene un rango de humedad del producto final que va entre 11.45% a 12.619%. Los rangos óptimos definidos en el capítulo anterior son entre 12% y 13%, con lo cual se puede observar que existen oportunidades de mejora en el proceso.

3.2.2.2.- Cálculos de capacidad del Proceso de Secado de la Pasta Laminada

Para el proceso de secado de la pasta laminada, el valor nominal optimo de producción en condiciones ideales es del 12,5% de humedad en el producto terminado con una tolerancia de +- 0.5%. Este requerimiento de calidad lo establece la empresa, sin embargo los límites de tolerancia del mercado son más amplios (Norma INEN 1375).

Para establecer el ratio de la capacidad del proceso, primero es necesario calcular la desviación estándar del mismo, por consiguiente:

Para n=25,

$$\hat{\sigma}_x = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{1,014}{3,931} = 0,258$$

Ecuación 1. Cálculo de la Desviación Estándar del Proceso de Secado

En donde d_2 es una constante para factores de la línea central con n=25 (Montgomery pg. 725).

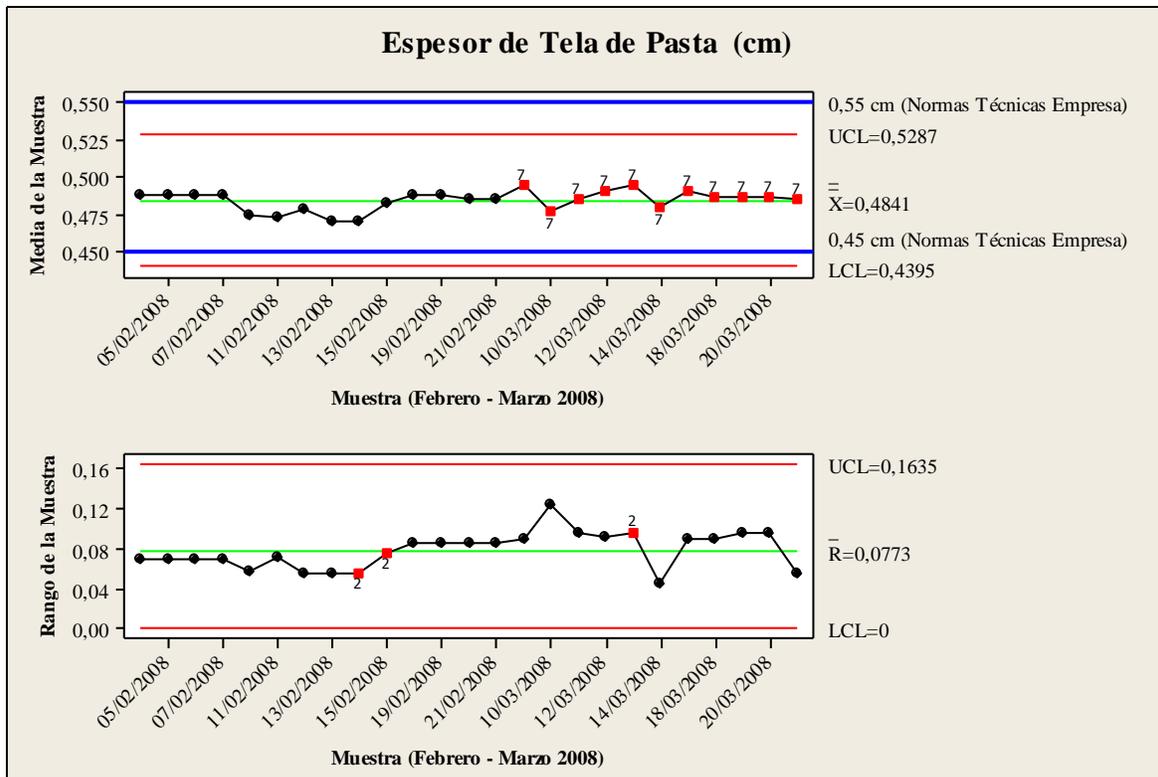
$$\hat{C}_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}} = \frac{13 - 12}{6(0,258)} = 0,646$$

Ecuación 2. Cálculo de la Capacidad del Proceso de Secado

Un ratio de la capacidad del proceso de 0,646 significa que los límites de tolerancia natural del proceso no se encuentran dentro de las especificaciones de los límites superiores e inferiores. En otras palabras, el proceso utiliza más del 100% de la banda de tolerancia lo que repercute en un gran número de productos no conformes.

3.2.3.- Medición de los Espesores de la Tela:

Los datos del espesor de la tela recolectados según el plan de muestreo anteriormente mencionado, fueron analizados a través de gráficas de control para determinar la variabilidad del proceso, de esta manera obtenemos:



Gráficas de Control 5. Medición del Espesor de Tela de Pasta (cm) (1^{er} proceso, Fase I).

Según la interpretación de los patrones de Gráficas de Control de Shewhart, los gráficos han sido analizados mediante varias pruebas de control, de la siguiente manera:

<i>Pruebas sobre la gráfica \bar{X}</i>	<i>Pasa</i>	<i>No pasa*</i>
Prueba 1: Puntos Extremos <i>1 punto a más de 3 desviaciones estándar de la línea del centro</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 2: 2 de 3 puntos en zona A o más <i>2 puntos de 3 a más de 2 desviaciones estándar de la línea central (en el mismo lado)</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 3: 4 de 5 puntos en zona B o más <i>4 puntos de 5 a más de 1 desviación estándar de la línea central (en el mismo lado)</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 4: Corrida sobre o debajo de la línea central <i>9 puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 5: Tendencia Lineal <i>6 puntos consecutivos todos crecen o decrecen</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 6: Tendencia Oscilatoria <i>14 puntos consecutivos alternan arriba y abajo</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 7: Corrida fuera de la zona C <i>8 puntos consecutivos a más de 1 desviación estándar de la línea central (en cualquier lado)</i>		15 hasta 25
Prueba 8: Corrida en la zona C <i>15 puntos consecutivos dentro de 1 desviación estándar de la línea central (en cualquier lado)</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Tabla 8. Pruebas de Control sobre la gráfica \bar{X} de la medición del Espesor de Tela

<i>Pruebas sobre la gráfica Rango</i>	<i>Pasa</i>	<i>No pasa*</i>
Prueba 1: Puntos Extremos <i>1 punto a más de 3 desviaciones estándar de la línea del centro</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 2: Corrida sobre o debajo de la línea central <i>9 puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central</i>		9, 10 y 19
Prueba 3: Tendencia Lineal <i>6 puntos consecutivos todos crecen o decrecen</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prueba 4: Tendencia Oscilatoria <i>14 puntos consecutivos alternan arriba y abajo</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Tabla 9 Pruebas de Control sobre la gráfica del Rango de la medición del Espesor de Tela.

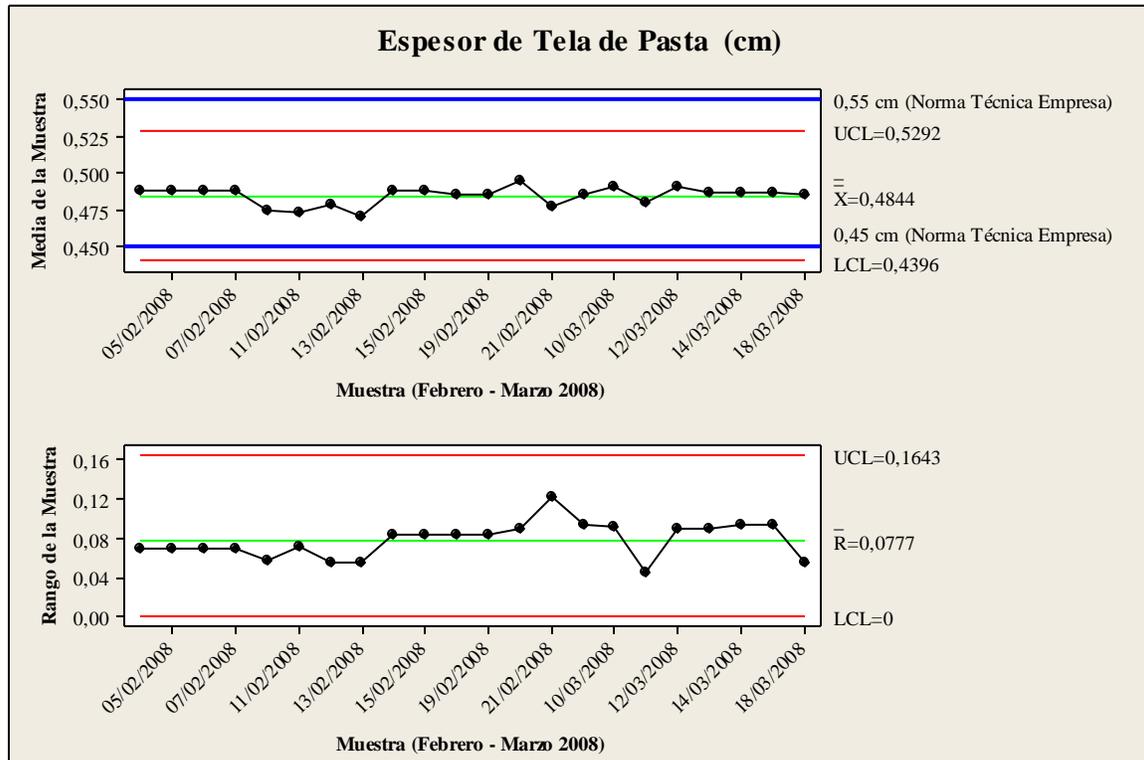
Por tanto, se ha determinado que los gráficos de \bar{X} y de Rango no se encuentran bajo control estadístico, debido a la presencia de varios puntos que hacen que la gráfica no pase las pruebas. Por lo contrario, al apreciar los límites de tolerancia de la Norma Técnica de la Empresa todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control de la misma, concluyendo así que aunque los procesos se encuentre fuera de control estadístico, sí cumple con los requerimientos del mercado.

3.2.3.1.- Determinación de Causas Asignables para el Espesor de la Tela

Una vez que se ha identificado que la gráfica del Rango no se encuentra bajo control estadístico, lo que sigue es identificar las causas asignables que motivaron a estos puntos fuera de control.

Observando los puntos fuera de control en el gráfico de R, se puede determinar que una de las causas asignables que pudo ocasionar este problema es la mala calibración del espesor en los rodillos corrugados dentro del laminador, lo cual permitió que la tela aumentara o disminuyera el espesor. Al momento que los rodillos corrugados son mal calibrados la tela de pasta adquiere un mayor o menor volumen, dependiendo de la abertura de los rodillos, esto ocasiona que la tela de pasta tenga mayor fricción al momento de pasar por los cilindros lisos, lo cual obliga a que la abertura entre los rodillos se abra y de esta manera la calidad del estampado se ve afectada. En el caso contrario, cuando los rodillos corrugados hacen que la tela de pasta tenga un menor volumen, al momento de pasar por los cilindros lisos, estos no realizan a cabalidad su trabajo de compactación de la masa y el producto estampado se ve afectado en peso y volumen.

Se realiza nuevamente las gráficas eliminando los puntos fuera de control del rango obteniendo:



Gráficas de Control 6. Medición del Espesor de Tela de Pasta. Proceso Bajo Control

Como se puede ver en la gráfica el proceso se encuentra bajo control, una vez eliminados los puntos y estableciendo las causas que produjeron dicho descontrol. A medida que el proceso se encuentra bajo control se puede observar los límites naturales para dicho proceso (0.5292 cm y 0.4396 cm), en este caso, el espesor de la tela. Estos límites son comparados con los límites o valores de tolerancia que tiene la empresa sobre este parámetro, y así poder saber el cumplimiento de dichos valores.

En la Gráfica de Control de \bar{X} se puede apreciar que también se insertaron los límites de tolerancia impuestos por la empresa los cuales son 0.55 cm y 0.45 cm. De acuerdo a dicha gráfica el límite superior natural del proceso se encuentra por debajo del límite superior establecido por la gerencia; asimismo, el límite inferior de la empresa (0.45 cm) se encuentra por encima del límite inferior natural del proceso (0.4396 cm). En conclusión, se puede sugerir a la gerencia que haga un reajuste de su límite superior de tolerancia debido a que el proceso cumple a cabalidad dicho límite y no representa reto alguno.

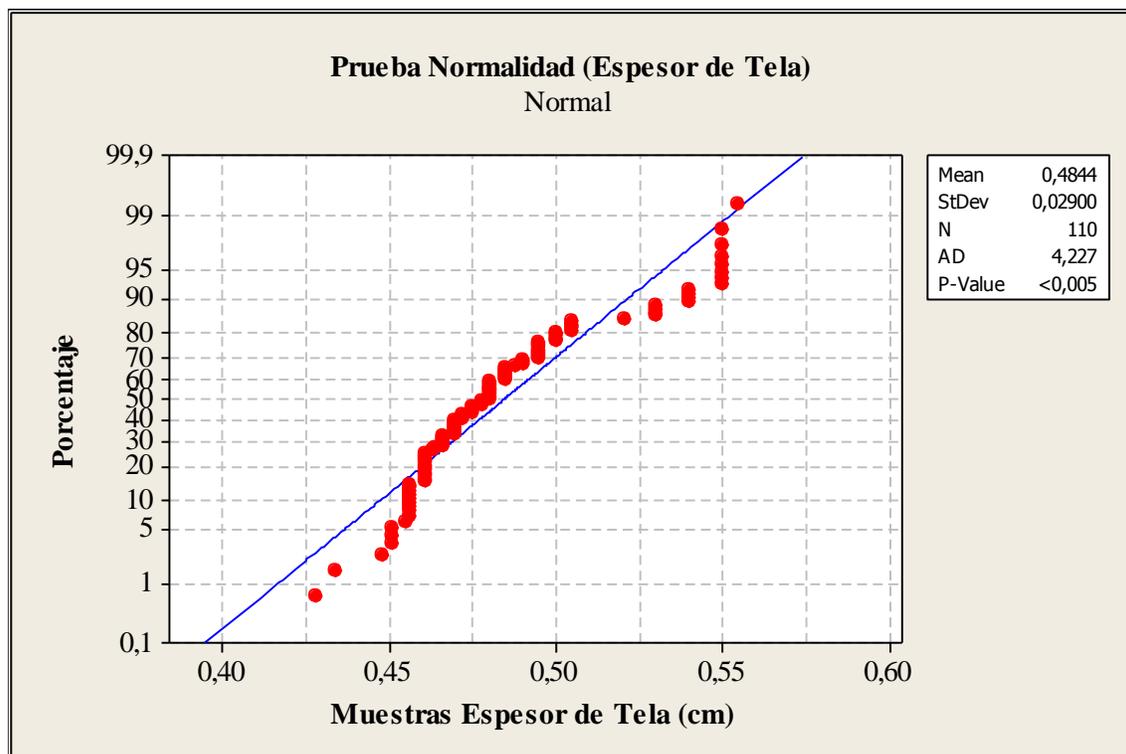
Pruebas de Hipótesis

Para validar las gráficas obtenidas anteriormente, se debe realizar una prueba de normalidad de los porcentajes promedios obtenidos. Para esto se utiliza Minitab y se realiza una prueba de normalidad.

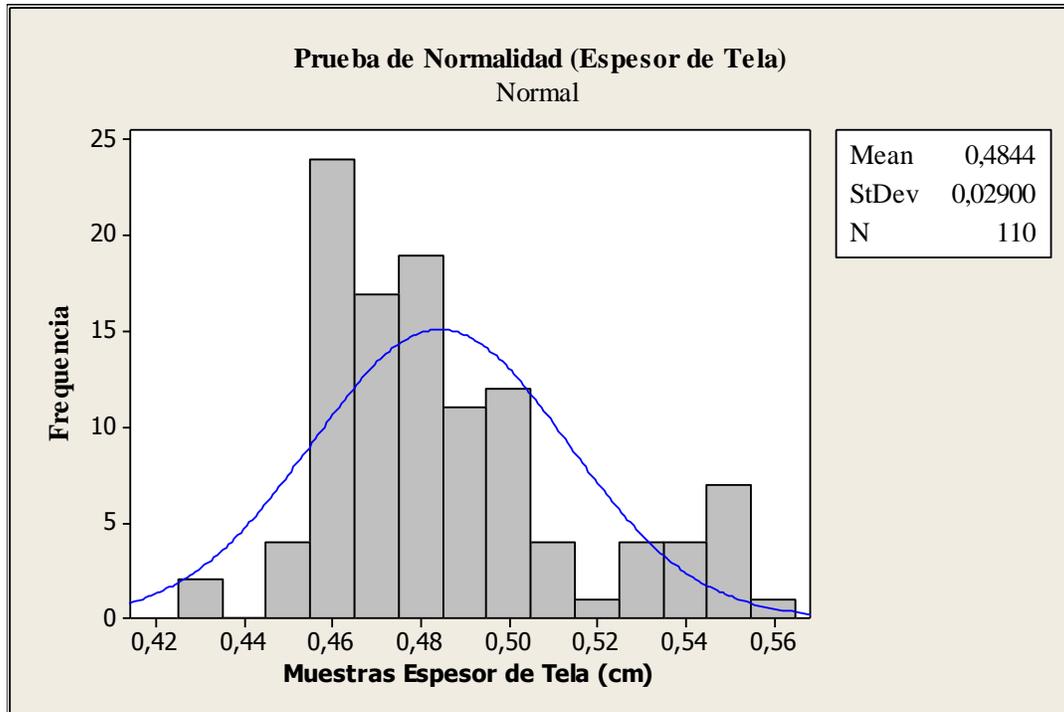
Ho: Los datos del espesor de la tela vienen de una distribución normal.

Ha: Las datos del espesor de la tela de una distribución normal.

Una vez realizada la prueba de normalidad, se pudo determinar que los datos no se ajustan a una distribución Normal, como se puede observar en el gráfico siguiente:



Pruebas 5. Prueba de Normalidad (Espesor de Tela cm)

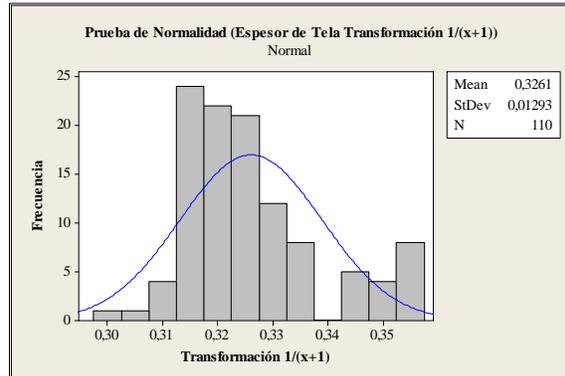
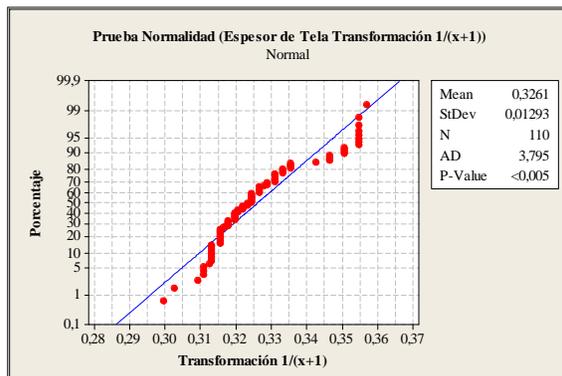
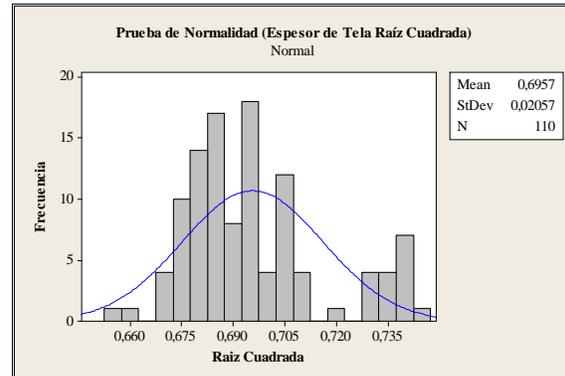
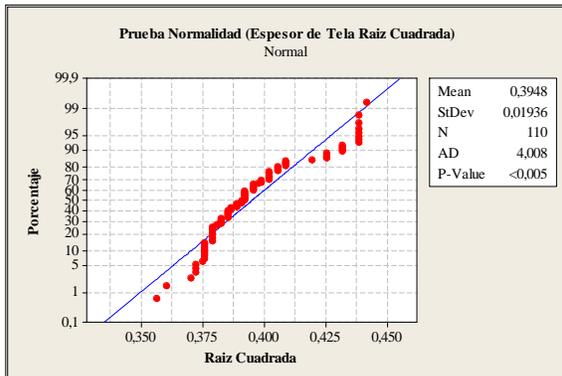
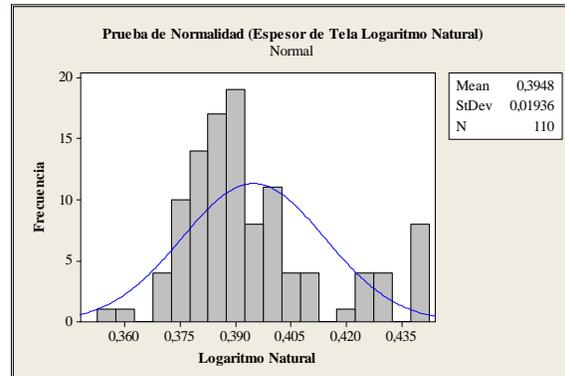
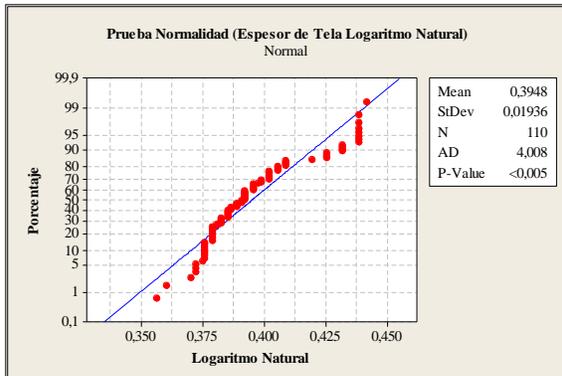


Pruebas 6. Prueba de Normalidad con Histograma (Espesor de Tela cm)

Debido a que los datos no siguen o no se ajustan a una distribución Normal, se procede a realizar una transformación de los mismos utilizando uno de los siguientes métodos:

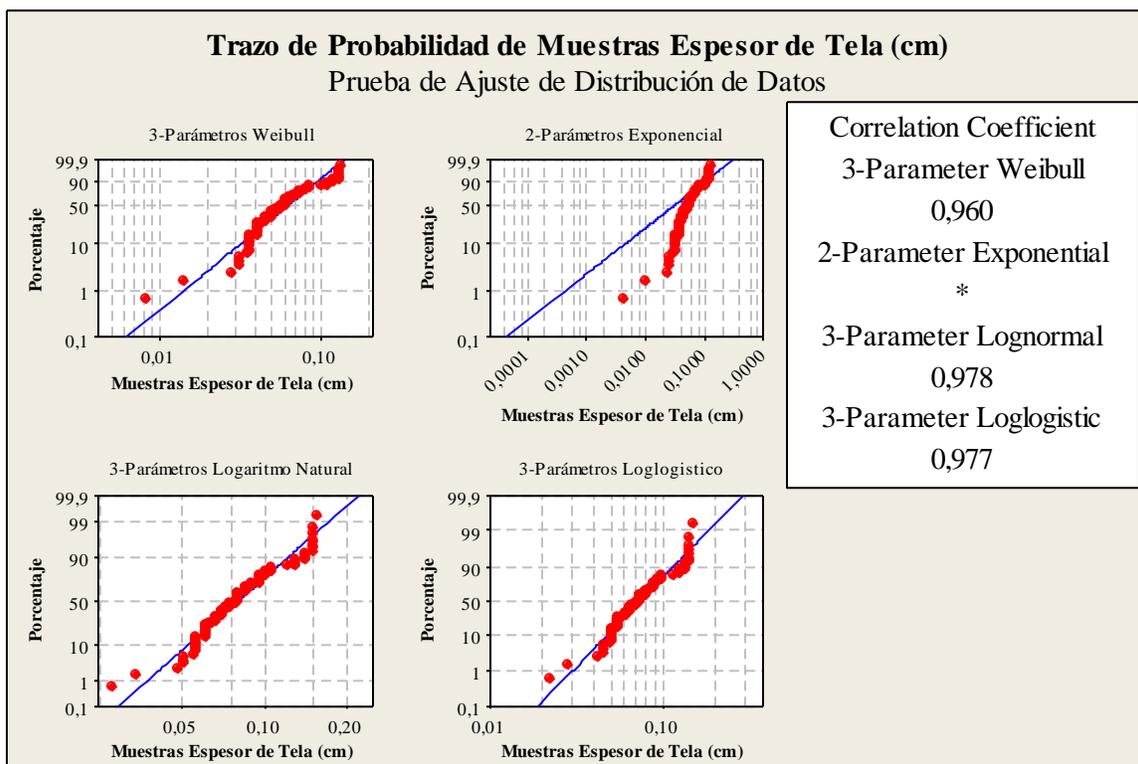
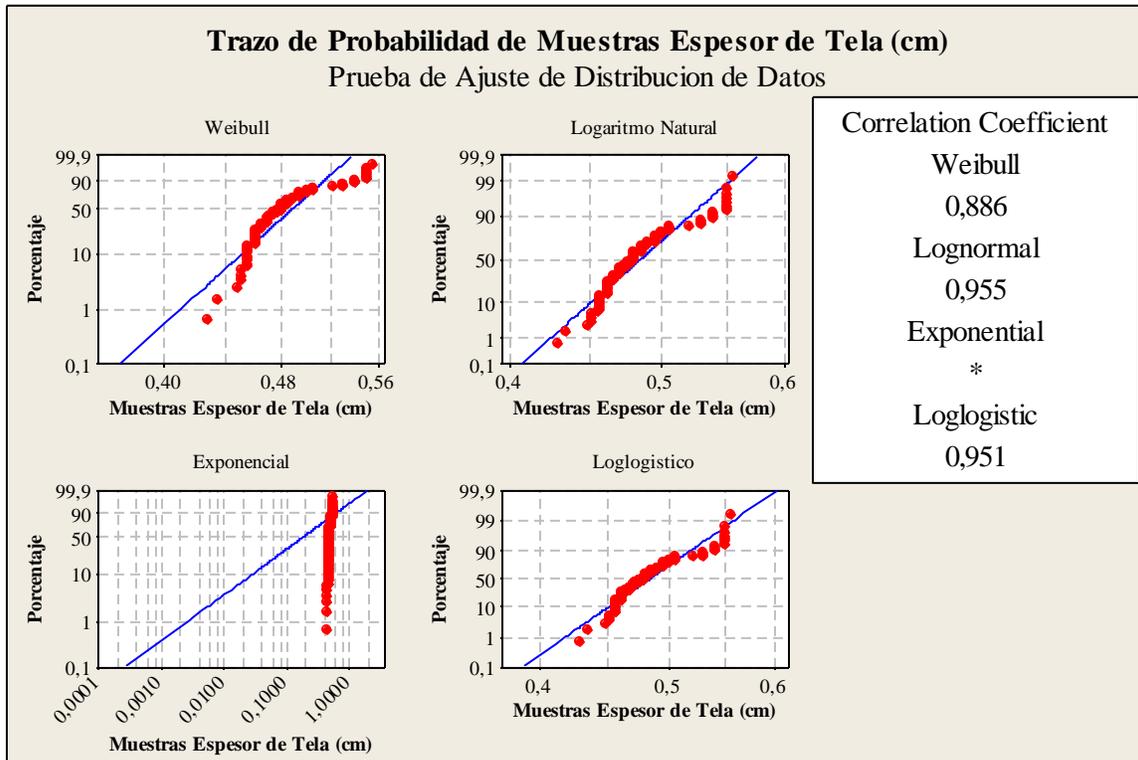
- Logaritmo neperiano mediante $\ln(x+1)$
- A través de la determinación del exponente Lambda, es decir sacando la raíz cuadrado de los datos.
- Utilizando la forma $1/(x+1)$

Con este tipo de transformaciones se obtuvo los siguientes gráficos como resultado:



Pruebas 7. Pruebas de Normalidad para la Transformación de los Datos de Espesor de Tela

Como se puede observar en los gráficos de las transformaciones de los datos, estos no siguen una distribución normal. Para este caso se debe utilizar una prueba de fiabilidad para determinar qué tipo de de distribución se ajustan a los datos, de esta manera obtenemos como resultado lo siguiente:



Pruebas 8. Pruebas de Ajuste para los Datos de Espesor de Tela

Bondad de Ajuste		
Anderson-Darling Distribución	Correlación (adj.)	Coefficiente
Weibull	17,735	0,886
Lognormal	3,853	0,955
Exponential	101,751	*
Loglogistic	3,624	0,951
3-Parameter Weibull	4,584	0,960
2-Parameter Exponential	28,977	*
3-Parameter Lognormal	1,565	0,978
3-Parameter Loglogistic	1,342	0,977
Smallest Extreme Value	20,523	0,872
Normal	4,547	0,947
Logistic	4,257	0,943

Tabla 10. Coeficientes Bondad de Ajuste para los valores de Espesor de Tela.

Comparando los coeficientes de ajuste de Anderson- Darling, se puede observar que el menor valor corresponde a la distribución Loglogistic de 3 parámetros. Lo cual indica que esta podría ser la distribución que mejor se ajusta a los datos obtenidos, durante el plan de muestreo²⁴.

En conclusión, al empezar el análisis del Control Estadístico de Procesos (CEP), se asumió que las muestras seguían una distribución normal debido a que se necesitaba validar uno de los requerimientos básicos de las Gráficas de Control. Una vez estabilizado el proceso, se intentó validar dicha normalidad de los datos, no teniendo éxito alguno. Sin embargo, debido al alto número de las muestras (25) y al Teorema del Limite Central (Capitulo 1.4.6), se puede asumir que los resultados obtenidos de las Gráficas de Control son aproximadamente correctos aunque su distribución no sea normal y pueden ser

²⁴ Molinero, Luis. Bondad de Ajuste a una Normal. SEH-LELHA. <http://www.seh-lelha.org/pdf/noparame.pdf>. Julio 2003.

validados para el presente estudio²⁵.

Para el espesor de la tela no se pudo determinar el ratio de la capacidad del proceso debido a que el proceso no cumplía con una de las reglas (Capítulo 1.4.6) del Análisis de capacidades de que la característica de calidad debe seguir una distribución normal.

De esta manera, a través de las diferentes herramientas estadísticas se pudo determinar que la variabilidad natural del proceso de producción de la línea Bühler 600 de fideo laminado tiene un rango de espesor de tela de pasta que va entre 0.5292 cm a 0.4396 cm. Los rangos óptimos definidos en el capítulo anterior son entre 0.55 cm y 0.45 cm, con lo cual se puede observar que existen oportunidades de mejora en el proceso en los valores nominales medios del espesor (0.4844 cm) y en su límite inferior.

²⁵ Montgomery, Douglas. Statistical Quality Control. Ed. Jhon Wiley and Sons Inc. Fifth Edition. United States: 2005. 196

4. Diseño Experimental

4.1.- Identificación y Enunciación del Problema:

Durante los últimos 10 años la línea Bühler 600, ha sido la de mayor producción en la empresa debido a que el fideo blanco laminado tiene una excelente acogida en el mercado nacional. En el año 2007, la empresa hizo una adquisición de maquinarias nuevas para dicha línea, con el objetivo de aumentar la producción del fideo blanco laminado ya que su demanda se encuentra en ascenso. Consecuentemente, la línea Bühler 600 aumentó su producción en un 19%; sin embargo, la empresa se sigue manejando con los mismos parámetros de producción que desde hace 10 años, como lo son las velocidades de los túneles, la calibración de los espesores de la tela, la dosificación de la mezcla y las humedades tanto de la masa como del producto final.

En la actualidad, la alta competitividad de los mercados tanto internos como externos de la pasta ha obligado a la empresa a interesarse más en el área de calidad, y así imponerse nuevos niveles de tolerancia de los diferentes factores de calidad los cuales proporcionen una ventaja competitiva frente a otros productos que se ofrecen en el mercado. Mejorando dichos niveles de calidad la empresa espera reducir considerablemente los desperdicios producidos en la línea de producción Bühler 600.

Una vez realizado el Control Estadístico de Procesos (CEP) de las 3 variables de respuesta más significativas de la línea de producción como lo son: desperdicio, porcentaje de humedad y espesor de la tela, se determinó que aunque se estabilizaron los procesos respectivamente, el porcentaje de humedad no cumple con los estándares impuestos por la Norma INEN 1375 (Ver Anexo 4), el cual es un requisito obligatorio de calidad para que el fideo lamido con formato fantasía pueda ser vendido en el mercado ecuatoriano.

Asimismo, se pudo determinar los niveles de desperdicio de tela de pasta producido en los cilindros lisos, para así lograr tomar las medidas necesarias para obtener una reducción considerablemente del mismo. De la misma forma, se determinaron los parámetros de tolerancia con los que se encuentran produciendo el espesor de la tela de pasta y se encontró que el parámetro superior (0.5292 cm) sí cumple con lo establecido anteriormente (0.55 cm), mientras que el inferior (0.4396 cm) se encuentra muy por debajo de la meta

impuesta (0.45 cm).

Dadas las circunstancias antes mencionadas, surge la necesidad de utilizar la herramienta estadística de Diseño Experimental de Procesos (DOE), ya que existen varios puntos donde se puede mejorar. A través del Diseño Experimental se pretende determinar un modelo estadístico que mejor se adapte a la presente situación y de esta manera poder realizar los experimentos necesarios para establecer la mejor interacción de los diferentes factores determinados. Con dicha interacción se espera cumplir con los niveles de calidad establecidos y a su vez se espera reducir considerablemente el desperdicio.

Además de esto, se pretende mejorar los parámetros de calidad con los que la línea de producción Bühler 600 se encuentra trabajando, para tener como resultado una reducción de los desperdicios y una mejora en la calidad del producto final.

4.2.- Elección de los Factores, los niveles y los rangos:

Dentro de la línea Bühler 600, existen varios factores que intervienen en la producción del fideo laminado, dentro de este conjunto de factores los que sobresalen como factores perturbadores controlables son: Velocidad de estampado, espesor de tela y la velocidad del Túnel de Secado.

- Velocidad de Estampado: Es la velocidad en revoluciones por minuto (rpm), la cual controla el desplazamiento de los ejes que sostienen el molde formador, y que dan la formación a la tela de pasta. A mayor velocidad, mayor es la aceleración del molde y de la formación del fideo.
- Espesor de Tela: Es la calibración en centímetros que posee los cilindros lisos para la formación de una tela de pasta uniforme que dará como resultado el formato de fideo requerido. Cuando existe un espesor muy alto, la velocidad del molde estampador debe bajar para evitar que este se trabe y se dañe. Cuando el espesor es muy fino, el molde estampador no forma correctamente el formato del fideo.
- Velocidad del Túnel de Secado: Es la velocidad en rpm, la cual controla el desplazamiento de las cintas de secado dentro del túnel. A mayor velocidad, menor es la permanencia del producto, haciendo que el mismo no se seque y se mantenga fresco, es decir, la humedad no baja. Cuando la velocidad es menor la pasta se seca demasiado, y se vuelve quebradiza, es decir, la humedad baja demasiado.

Una vez identificados los factores potenciales controlables del diseño, se procede a elegir los niveles de los mismos que están dados por los niveles de tolerancia que presentan cada uno de los factores influyentes. De esta manera tenemos, un nivel bajo, un nivel alto y un punto central. Se ha procedido a escoger 2 niveles con 5 puntos centrales ya que la intención del diseño factorial es encontrar cual de las interacciones da como resultado un menor desperdicio.

Con esto como referencia, se obtiene los siguientes niveles para el diseño experimental:

- Los niveles de la Velocidad de Estampado:

Bajo: 175 rpm

Alto: 185 rpm

Punto Central: 180 rpm

- Los niveles para el Espesor de Tela:

Bajo: 0,45 cm

Alto: 0,55 cm

Punto Central: 0,50 cm

- Los niveles para la Velocidad del Túnel de Secado:

Bajo: 245 rpm

Alto: 250 rpm

Punto Central: 247,5 rpm

4.3.- Selección de la Variable de Respuesta:

Las variables de respuesta son la cantidad de desperdicio en kilogramos del área de estampado y el porcentaje de humedad del producto terminado. Dichos resultados se obtendrán al momento de manipular los factores controlables del diseño entre los diferentes niveles de los mismos (velocidad de estampado, espesor de tela y velocidad del túnel de secado).

El desperdicio se genera en el proceso de estampado, cuando la tela de pasta se queda en los cilindros lisos y no pasa al molde de formado. Este desperdicio es acumulado en tinas, para luego ser llevado a la zona de remolido o para colocarla de nuevo dentro de la amasadora (re-proceso), todo depende si la consistencia de la misma puede ser reutilizable dentro del proceso como tal, o tiene que ser aislada y desechada para ser llevado al remolido.

Otro variable de respuesta es el porcentaje de humedad del producto final, ya que al manipular los niveles de los factores del diseño, se tiene que revisar si el producto final continúa cumpliendo con las características de humedad aceptables para el consumidor final y para la empresa, las cuales están regidas por la norma INEN 1375 (entre el 12% y 13%).

Los resultados de las variables de respuestas estarán dados de la siguiente manera:

- El desperdicio será medido en kilogramos, para calcular el porcentaje del mismo en relación al resto de la línea, se realizara un cálculo entre los 680 Kg/Hr., que puede producir la línea Bühler 600 con el peso en kilogramos que salgan de desperdicio.
- Para medir la humedad del producto final, se tomarán muestras de 100 g., por cada uno de los diferentes experimentos, es decir, se tendrán a la final 2700 gramos de producto, para realizar las mediciones necesarias que permitan cumplir, tanto con la norma INEN 1375 como con las normas de calidad internas de la empresa

4.4.- Elección del Diseño Experimental:

El diseño experimental consiste en realizar todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores; es decir, buscar las interacciones que se pueden dar entre los mismos; para este estudio se utilizará un diseño factorial 2^3 , debido a que este tipo de diseños producen experimentos más eficientes, pues cada observación proporciona información sobre todos los factores, y es factible ver las respuestas de un factor en diferentes niveles de otro factor en el mismo experimento²⁶.

Además el diseño factorial 2^3 se ajusta a los resultados obtenidos durante el control estadístico de procesos, donde se describe que los factores que influyen en la calidad de la pasta (disminución de desperdicio y humedad) son velocidad de estampado, velocidad del túnel de secado y espesor de tela.

Los factores son los tipos de tratamientos (velocidad de estampado, espesor de tela y velocidad del túnel de secado) y cada uno de estos factores posee dos niveles (bajo y alto).

A más de esto se realizará el experimento con 2 réplicas para de esta manera poder obtener la suma de los cuadrados del error ($n \geq 2$), lo cual permite, estimar los valores correspondientes a la distribución F^{27} , que son utilizados para el análisis de las significancias de los factores y sus interacciones. Además los experimentos fueron realizados con cinco puntos centrales, para ofrecer una protección contra la curvatura de los efectos de segundo orden a la vez que permitirán una estimación independiente del error que va obtenerse. Asimismo, la réplica de las corridas en el centro del diseño permite que los puntos centrales no afecten las estimaciones usuales de los efectos del diseño 2^3 . Cuando se agregan puntos centrales, se supone que los 3 factores son cuantitativos.

También, la adición de puntos centrales al modelo se realiza dado que los diseños factoriales de dos niveles parten del supuesto de la linealidad de los efectos de los factores, de este modo, se elimina cualquier posibilidad de interacción de orden mayor, y se limita el

²⁶ Kuehl, Robert. Diseño de Experimentos. Segunda edición. Editorial Thompson. México D.F. Capítulo 6. Páginas 175 – 180.

²⁷ Montgomery, Douglas. Design and Analysis of Experiments. Second Edition. Editorial Jhon Wiley & Sons Inc. Chapter 7. Pages: 195 – 200.

modelo. Los puntos centrales permiten una estimación independiente para que los resultados de los experimentos, sean precisos y de esta manera poder tener un mejor resultado²⁸.

Dicho diseño experimental posee 21 combinaciones de tratamientos. Hay siete grados de libertad entre las ocho combinaciones de tratamientos del diseño 2^3 . Tres grados de libertad se asocian con los efectos principales de velocidad del túnel de secado, espesor de tela y velocidad de estampado. Cuatro grados de libertad se asocian con las interacciones; uno con cada una de las interacciones así velocidad del túnel de secado-espesor de tela; velocidad del túnel de secado-velocidad de estampado y espesor de tela-velocidad de estampado, y uno de con la interacción de los tres factores: velocidad del túnel de secado-espesor de tela-velocidad de estampado.

Una vez elegido el tipo de diseño experimental la tabla para la realización del experimento queda de la siguiente manera (utilizando Design Expert):

²⁸ Montgomery, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa Willey. México 2005. Capítulo 6. Páginas: 271-274.

Orden de Corrida Aleatoria	Orden de Corrida para el Experimento	Factor 1 Velocidad Túnel rpm	Factor 2 Espesor de Tela cm	Factor 3 Velocidad de Estampado rpm
3	1	250	0,45	175
19	2	247,5	0,5	180
16	3	250	0,55	185
14	4	245	0,55	185
12	5	250	0,45	185
9	6	245	0,45	185
5	7	245	0,55	175
6	8	245	0,55	175
7	9	250	0,55	175
21	10	247,5	0,5	180
17	11	247,5	0,5	180
10	12	245	0,45	185
13	13	245	0,55	185
11	14	250	0,45	185
1	15	245	0,45	175
2	16	245	0,45	175
15	17	250	0,55	185
4	18	250	0,45	175
8	19	250	0,55	175
20	20	247,5	0,5	180
18	21	247,5	0,5	180

Tabla 11. Tabla para la Realización del Diseño Experimental

4.5.- Realización del Experimento

El experimento se lo realizó durante 3 días de producción debido a su magnitud, siguiendo el plan presentado en la Ilustración 7. Las muestras fueron tomadas siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Se ajustaron los parámetros de las máquinas, en los tableros electrónicos y en los mandos mecánicos, dependiendo del número de corrida especificado en la Ilustración 7.
2. Se vigiló la producción durante 1 hora, para determinar el comportamiento de la línea con dichos parámetros.
3. Se tomó las muestras de desperdicio que salen durante la hora de observación, en tinas plásticas que poseen un peso de 0,94 kg.
4. Las tinas plásticas fueron llevadas a una balanza electrónica en donde pesa el desperdicio obtenido durante la hora de observación (se descarta el peso de la tina plástica).
5. Se procedió a cambiar los parámetros de la línea para el siguiente experimento. Este procedimiento se realiza para los 21 experimentos
6. Se llevó un registro de todo lo anteriormente mencionado.
7. Para la obtención del valor de humedad, se utilizó el procedimiento especificado en las guías de laboratorio. (Ver Anexo 17)

A continuación se presenta una tabla con los registros de los resultados para cada uno de los experimentos:

HOJA DE RECOLECCION DE DATOS DISEÑO EXPERIMENTAL	
LINEA PRODUCCION:	BULHER 600
FORMATO PASTA:	FIDEO FANTASIA
REALIZADO POR:	ADRIAN HOLGUIN WILSON RIVERA

Fecha	Hora	Orden de Corrida Aleatoria	Orden de Corrida para el Experimento	Factor 1 Velocidad del Tunel rpm	Factor 2 Espesor de Tela cm	Factor 3 Velocidad de Estampado rpm	Desperdicio Kg	Humedad %
04/11/2008	8:00	3	1	250	0,45	175	2,94	11,92
04/11/2008	9:00	19	2	247,5	0,5	180	1,53	11,55
04/11/2008	10:00	16	3	250	0,55	185	1,72	12,70
04/11/2008	11:00	14	4	245	0,55	185	2,08	12,68
04/11/2008	12:00	12	5	250	0,45	185	4,96	12,22
04/11/2008	13:00	9	6	245	0,45	185	5,16	12,24
05/11/2008	14:00	5	7	245	0,55	175	2,64	12,56
05/11/2008	15:00	6	8	245	0,55	175	3,76	12,46
05/11/2008	9:00	7	9	250	0,55	175	2,84	12,15
05/11/2008	10:00	21	10	247,5	0,5	180	3,41	11,85
05/11/2008	11:00	17	11	247,5	0,5	180	2,12	11,66
05/11/2008	12:00	10	12	245	0,45	185	4,94	12,27
05/11/2008	13:00	13	13	245	0,55	185	1,63	12,26
05/11/2008	14:00	11	14	250	0,45	185	5,66	12,13
05/11/2008	15:00	1	15	245	0,45	175	2,70	12,13
05/11/2008	16:00	2	16	245	0,45	175	2,80	12,68
05/11/2008	17:00	15	17	250	0,55	185	2,52	12,48
06/11/2008	10:00	4	18	250	0,45	175	1,54	12,05
06/11/2008	11:00	8	19	250	0,55	175	3,16	12,11
06/11/2008	12:00	20	20	247,5	0,5	180	2,04	11,89
06/11/2008	13:00	18	21	247,5	0,5	180	2,26	11,78

Ilustración 7. Hoja de Recolección de Datos Diseño Experimental

Una vez obtenidos los datos, se procedió a realizar el ingreso de los resultados al Design Expert²⁹, para así obtener la tabla de resultados del Análisis de Varianza (ANOVA)³⁰ tanto del desperdicio como del porcentaje de humedad. Asimismo, se procedió a analizar dichos resultados para identificar los factores y/o interacciones que son significativas dentro del modelo estadístico.

Cuando se obtengan los factores significativos del modelo, se procederá a realizar un análisis de regresión lineal, para así construir un modelo cuantitativo relacionando los

²⁹ Programa estadístico que permite realizar el análisis de datos, de los diseños experimentales.

³⁰ Referencia Marco Teórico: Capitulo 2, página 18.

factores de importancia a las respectivas variables de respuesta³¹.

4.6.- Análisis estadístico de los datos:

4.6.1.- Tabla Análisis de Varianza para el Desperdicio (Kg)

Una vez ingresados los datos en el Design Expert, el software procedió a calcular los siguientes resultados de la tabla de ANOVA:

Tabla ANOVA						
Respuesta = Desperdico (Kg)						
Nivel alpha = 0,05						
Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media Cuadrado	Valor F	Valor p Prob > F	
Modelo	24,0268438	7	3,43240625	9,63137754	0.0004	significativo
A-Velocidad del Tunel	0,00855625	1	0,00855625	0,02400895	0.8794	
B-Espesor Tela	6,69515625	1	6,69515625	18,7866974	0.0010	
C-Velocidad de Estampado	2,47275625	1	2,47275625	6,93858689	0.0218	
AB	0,02480625	1	0,02480625	0,06960667	0.7964	
AC	0,38130625	1	0,38130625	1,0699504	0.3214	
BC	14,4210063	1	14,4210063	40,4655351	< 0.0001	
ABC	0,02325625	1	0,02325625	0,06525735	0.8027	
Curvatura	3,21475006	1	3,21475006	9,02063138	0.0110	significativo
Error puro	4,27653	12	0,3563775			
Cor Total	31,5181238	20				

Std. Dev.	0,59697362		R cuadrado	0,84890388
Media	2,97190476		R cuadrado Ajustado	0,76076447
C.V. %	20,0872392		R cuadrado Pred.	0,56119763
PRESS	12,4195875		Presicion Adecuada	8,84059114

Tabla 12. Tabla de ANOVA para el Desperdicio (Kg). Modelo Completo.

La tabla de ANOVA presentada contiene la información necesaria para determinar qué factores u observaciones son significativos para la variable de respuesta desperdicio. Primero, la tabla muestra que el valor F del modelo es significativo para el tipo de estudio realizado, y que existe solo el 0,04% de probabilidad que un modelo de valor F así de grande pueda ocurrir debido al ruido. Igualmente, un valor de 9,02 de la curvatura del valor F implica que existe, una curvatura significativa como resultado de la diferencia entre el

³¹ Montgomery, Douglas. *Design and Analysis of Experiments*. Second Edition. Editorial Jhon Willey & Sons Inc. Chapter 14. Pages: 399 – 400.

promedio de los puntos centrales y el promedio de los puntos factoriales, en el espacio del diseño. Dicha curvatura indica que existe una evidencia de curvatura de segundo orden en la respuesta en la región de exploración³². El análisis de la curvatura, propone la siguiente hipótesis:

H_0 = El modelo de primer orden es razonable

H_1 = El modelo de primer orden no es razonable

Debido a que solo existe el 1,1% de probabilidad que el Valor F de Curvatura de este tamaño puede volver a ocurrir por al ruido, lo que quiere decir que existe evidencia para rechazar la hipótesis nula, lo cual indica que a pesar que el modelo lineal es significativo, si se quería obtener mejores resultados se tendría que correr nuevos experimentos dentro de un nuevo diseño experimental, que se ajusten a una ecuación de segundo orden.

También, la tabla demuestra que los valores $Prob > F$ que sean menores que el valor $\alpha = 0,05$, son significativos, por lo que se puede concluir que la interacción entre el espesor de tela y la velocidad de estampado sí es significativa; asimismo, los factores espesor de tela y velocidad de estampado también son significativos independientemente.

Estos resultados pueden ser muy fácilmente comprobados, al realizar el siguiente procedimiento:

Dado que el F estadístico de la interacción es $F_{0.05, 1, 12} = 4,75$, se puede concluir que existe una interacción significativa entre el espesor de tela y la velocidad del estampado. Asimismo, el F estadístico de los factores principales es $F_{0.05, 1, 12} = 4,75$, por lo que los efectos de los factores principales como los son espesor de tela y velocidad de estampado también son significativos independientemente. Dichos resultados se los puede apreciar mejor en la siguiente tabla:

³² Montgomery, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa Willey. México 2005. Capítulo 6. Páginas: 274.

Fuente	Valor F	F estadístico
Modelo	9,63137754	2,91
A-Velocidad del Tunel	0,02400895	4,75
B-Espesor Tela	18,7866974	4,75
C-Velocidad de Estampado	6,93858689	4,75
AB	0,06960667	4,75
AC	1,0699504	4,75
BC	40,4655351	4,75
ABC	0,06525735	4,75

Tabla 13. Tabla de Análisis entre Valor F vs Valor F Estadístico. Desperdicio (Kg)

El valor de $R^2 = 0,85$ indica la proporción de la variabilidad total explicada por el modelo la cual se encuentra en un rango aceptable, sin embargo el R^2 no es un estadístico que se adapte a un modelo con factores variables ya que se incrementa al incrementar factores inclusive cuando no son significativos, es por esta razón que se prefiere utilizar el R^2 ajustado. Dicho estadístico está ajustado al número de factores utilizados por el modelo con lo cual en el presente caso tiene un valor de 76,07%.

El estadístico R^2 Predictivo indica que se esperaría que el modelo completo explique el 56,12% de la variabilidad de los posibles datos nuevos. El R^2 Predictivo del 56,12% se encuentra en una razonable concordancia con el R^2 ajustado de 76,07%. Asimismo, la Precisión Adecuada mantiene una señal ajustada de 8,84, ya que lo que se busca es un ratio de la señal del ruido mayor a 4, lo que significaría que este modelo pudiese ser utilizado para navegar el espacio diseñado.

4.6.1.1.- Análisis de la Regresión Lineal del Modelo Completo:

La regresión lineal del modelo completo comprende la utilización de todos los factores del modelo tanto los significantes como los no significantes, para conocer de una mejor manera el comportamiento del modelo. De esta manera la ecuación de regresión lineal es:

$$y = \beta_0 + \beta_{1X_1} + \beta_{2X_2} + \beta_{3X_3} + \beta_{12X_1X_2} + \beta_{13X_1X_3} + \beta_{23X_2X_3} + \beta_{123X_1X_2X_3} + \varepsilon$$

Ecuación 3. Regresión Lineal para el Desperdicio. Modelo Completo

Donde:

y = Desperdicio

β_0 = Coeficiente de Regresión del Modelo.

β_1 = Coeficiente de Regresión de la Velocidad del Túnel.

β_2 = Coeficiente de Regresión del Espesor de Tela.

β_3 = Coeficiente de Regresión de la Velocidad del Estampado.

β_{12} = Coeficiente de Regresión de la Velocidad del Túnel vs Espesor de Tela.

β_{13} = Coeficiente de Regresión de la Velocidad del Túnel vs Velocidad del Estampado.

β_{23} = Coeficiente de Regresión del Espesor de Tela vs Velocidad del Estampado.

β_{123} = Coeficiente de Regresión de la Velocidad del Túnel vs Espesor de Tela vs Velocidad del Estampado.

Una vez determinados lo que representa cada una de las variables dentro del modelo, se procede a cambiar los mismos por los valores obtenidos en el Design Expert (Ver Tabla 14). De esta manera tenemos la ecuación de regresión lineal para el modelo completo es:

$$y = 1603,97 - 7,87975x_1 - 2124,9x_2 - 8,628x_3 + 11,295x_1x_2 + 0,04285x_1x_3 + 11,3x_2x_3 - 0,061x_1x_2x_3 + \varepsilon$$

Ecuación 4. Regresión Lineal para el Desperdicio. Modelo Completo.

Con la ecuación de regresión lineal para el modelo completo se procede a calcular los desperdicios, cambiando los valores de las x, por los valores de calibración de la máquina para los parámetros de velocidad del túnel, espesor de tela y velocidad del estampado. De esta manera:

Calculo de Residuos con la Ecuacion de Regresion Lineal para el Modelo Completo

$$y = 1603,97 - 7,87975x_1 - 2124,9x_2 - 8,628x_3 + 11,295x_1x_2 + 0,04285x_1x_3 + 11,3x_2x_3 - 0,061x_1x_2x_3 + \varepsilon$$

Factor 1 Velocidad del Tunel rpm	Factor 2 Espesor de Tela cm	Factor 3 Velocidad de Estampado rpm	Desperdicio Kg	Desperdicio Calculado	Residuo
250	0,45	175	2,94	2,24	0,70
247,5	0,5	180	1,53	3,19	-1,66
250	0,55	185	1,72	2,12	-0,40
245	0,55	185	2,08	1,85	0,23
250	0,45	185	4,96	5,31	-0,35
245	0,45	185	5,16	5,05	0,11
245	0,55	175	2,64	3,20	-0,56
245	0,55	175	3,76	3,20	0,56
250	0,55	175	2,84	3,00	-0,16
247,5	0,5	180	3,41	3,19	0,22
247,5	0,5	180	2,12	3,19	-1,07
245	0,45	185	4,94	5,05	-0,11
245	0,55	185	1,63	1,85	-0,22
250	0,45	185	5,66	5,31	0,35
245	0,45	175	2,7	2,75	-0,05
245	0,45	175	2,8	2,75	0,05
250	0,55	185	2,52	2,12	0,40
250	0,45	175	1,54	2,24	-0,70
250	0,55	175	3,16	3,00	0,16
247,5	0,5	180	2,04	3,19	-1,15
247,5	0,5	180	2,26	3,19	-0,93

Tabla 14. Cálculo de los Valores de Desperdicio con la Regresión Lineal. Modelo Completo.

Se realizó un análisis a través de un histograma entre los desperdicios tomados durante el experimento y los desperdicios calculados a través de la ecuación de la regresión lineal del modelo. De la siguiente manera:

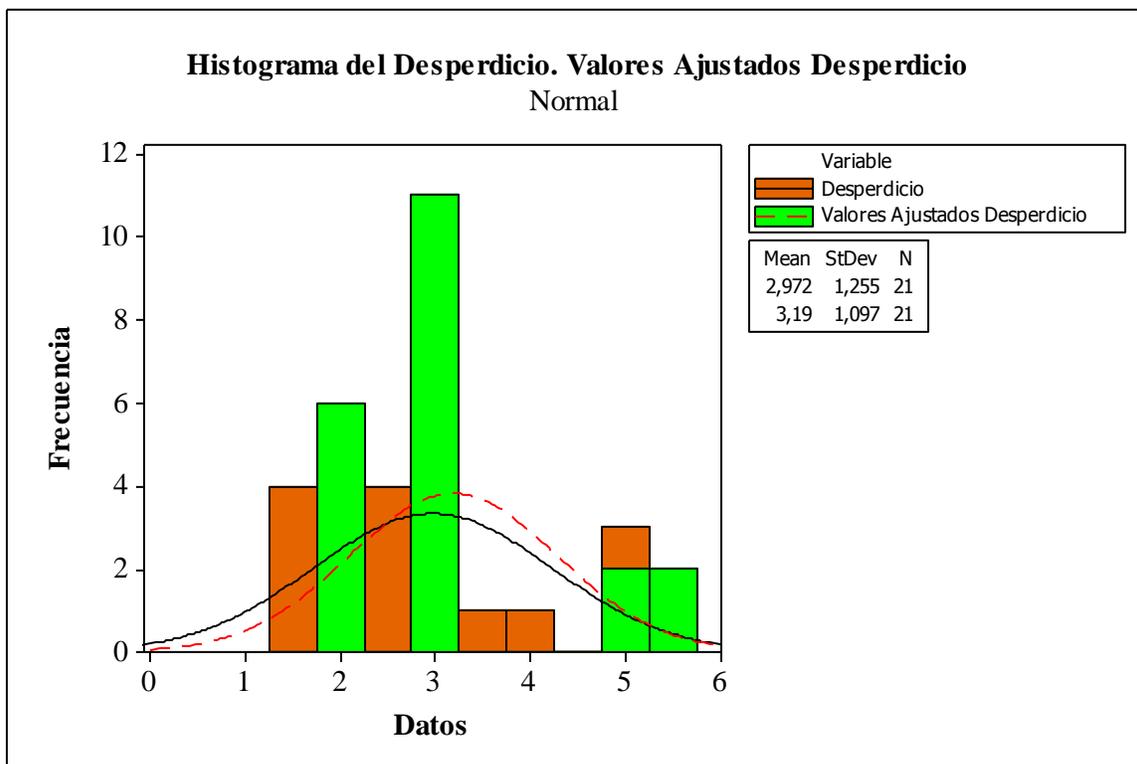


Ilustración 8. Histograma del Desperdicio vs. Valores Ajustados Desperdicio. Modelo Completo.

Este histograma demuestra que la frecuencia de los valores ajustados del desperdicio se concentra entre los valores 2 y 3, es decir, posee una media más alta que los desperdicios tomados durante el experimento, lo que implica que los mismos son mayores que los desperdicios tomados durante el experimento. Además se puede observar que los valores ajustados no presentan una distribución normal, por este motivo en particular se debe realizar un análisis con los residuos del modelo, para así verificar la adecuación del modelo y determinar si el modelo es suficientemente robusto y esta correcto³³.

³³ Montgomery, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa Willey. México: 2005. Capítulo 3. Páginas: 76-77.

4.6.1.2.- Análisis del Gráfico de Probabilidad Normal

Una vez obtenido los resultados con la tabla ANOVA, se procede a realizar un análisis de la gráfica de probabilidad de normalidad.

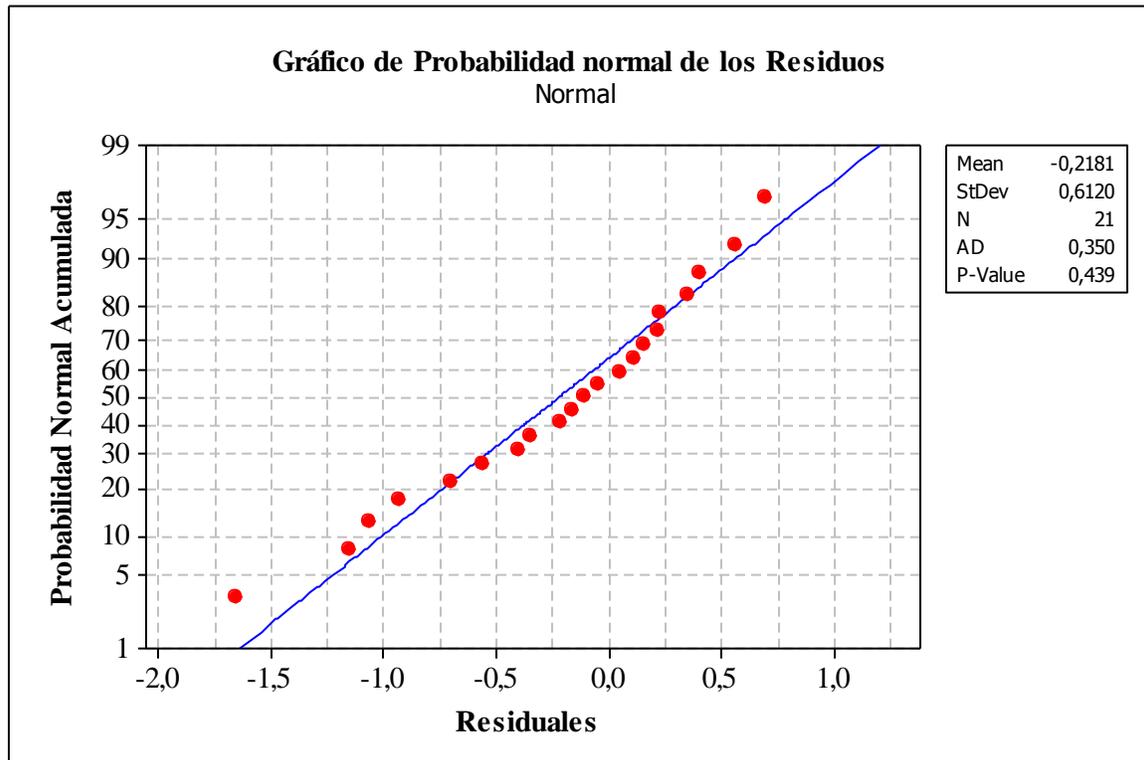


Ilustración 9. Gráfico de Probabilidad normal de los Residuos. (Desperdicio)

Primeramente los residuos siguen una distribución normal, debido a que el valor p de la prueba de normalidad es mayor a 0,05. Además dentro de esta gráfica se puede observar que los datos presentan un leve sesgo, ya que las colas, derecha e izquierda son más alargadas, es decir, que existe una mayor dispersión de estos residuales con respecto al resto de los mismos. La tendencia de la gráfica de probabilidad normal al curvarse levemente hacia el lado izquierdo, implica que la cola izquierda de la distribución de los errores sea un tanto más delgada, es decir, los residuales negativos no son tan grandes (en valor absoluto).

En conclusión se puede ver que los residuales, tienen una desviación moderada de normalidad que no es motivo de preocupación para el presente estudio. Por lo contrario si las colas, derecha e izquierda fueran más gruesas o delgadas que la distribución normal es

motivo de mayor preocupación.

Puesto que la prueba F solo se ve afectada ligeramente por estos residuales, se dice que el análisis de varianza (y los procedimientos relacionados como las comparaciones múltiples) es robusto con respecto al supuesto de normalidad³⁴.

4.6.1.3.- Análisis del Grafico de los Residuales contra la Valores Ajustados:

El gráfico de los residuales contra los valores ajustados, permite determinar si el modelo es correcto y si se satisfacen los supuestos. Para que esto sea posible los residuales deberán estar sin estructura; en particular; no deberán estar relacionados con ninguna otra variable, incluyendo la respuesta predicha.

Para que el modelo sea considerado como correcto esta gráfica no debe presentar ningún patrón obvio alguno. Así tenemos:

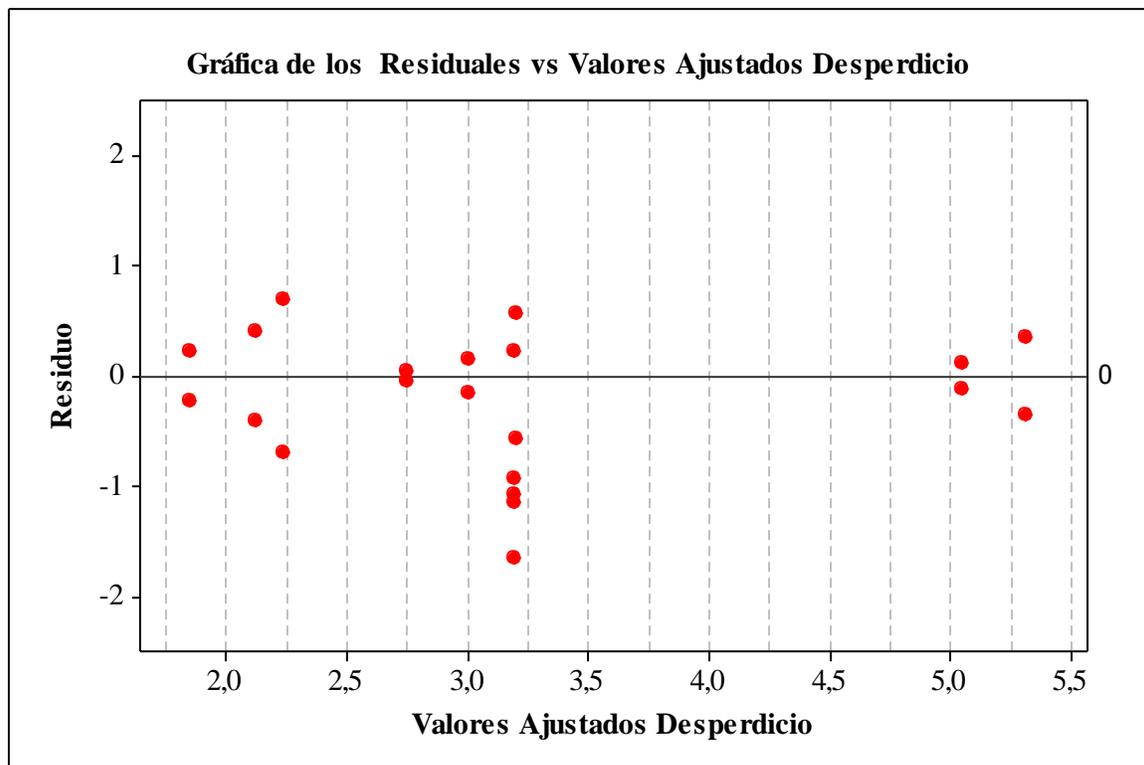


Ilustración 10. Gráfica de los Residuales vs. Valores Ajustados Desperdicio

³⁴ Montgomery, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa Willey. México: 2005. Capítulo 3. Páginas: 77 -78.

Como se puede ver en el gráfico los valores residuales no presentan ningún patrón obvio, se puede ver una dispersión entre todos los resultados. Además la gráfica presenta lo que se llama una varianza no constante, esto se debe a que la magnitud de las observaciones no es tan grande. Cuando la magnitud de las observaciones se incrementa la varianza también se incrementa, esto sucedería si el error o ruido de fondo del experimento fuera un porcentaje constante de la magnitud de la observación, pero esto solo ocurre cuando existe errores con los instrumentos de medición o con la escala de la misma³⁵.

Si se viola el supuesto de homogeneidad de las varianzas, la prueba F solo resulta afectada ligeramente en el modelo balanceado (el mismo tamaño de la muestra en todos los tratamientos) con efectos fijos.

En conclusión debido a que el gráfico no tiene un patrón obvio de los residuales, y los tamaños de las muestras son iguales, el modelo es correcto y satisface los supuestos del mismo³⁶.

En definitiva, la interacción entre espesor de tela y velocidad de estampado sí es significativa. De igual manera, se determinó que el modelo utilizado es el adecuado ya que tiene su Valor F de 9,63 en comparación con el Valor F estadístico de 2,91 lo cual implica que es significativo; igualmente tiene valores aceptables de medición de variabilidad y de predicción de las mismas con datos nuevos. Para mejorar aun más el modelo, se puede proceder a eliminar del estudio los factores que no son significativos como lo son la velocidad del túnel y las interacciones entre velocidad del túnel vs espesor de tela, velocidad del túnel vs velocidad de estampado y la interacción entre los 3 factores. De esta forma se procede a correr nuevamente al Design Expert con los nuevos datos.

³⁵ Montgomery, et all. Introducción al Análisis de Regresión Lineal. Tercera Edición. Editorial Continental. México 2004. Capítulo 4. Páginas: 126 -128.

³⁶ Montgomery, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa Willey. México 2005. Capítulo 3. Páginas: 80 -82.

4.6.2.- Tabla Análisis de Varianza para el Modelo Reducido de Desperdicio (Kg)

Una vez ingresados los nuevos datos en el Design Expert, el software procedió a calcular los siguientes resultados de la tabla de ANOVA:

Tabla ANOVA Modelo Reducido						
Respuesta = Desperdicio (Kg)						
Nivel alpha = 0,05						
Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media Cuadrado	Valor F	Valor p Prob > F	
Model	23,5889188	3	7,862972917	26,6854953	< 0.0001	significant
B-Espesor Tela	6,69515625	1	6,69515625	22,7221386	0.0002	
C-Velocidad de Estampado	2,47275625	1	2,47275625	8,3920835	0.0105	
BC	14,4210063	1	14,42100625	48,9422637	< 0.0001	
Curvatura	3,21475006	1	3,21475006	10,9102751	0.0045	significant
Residual	4,714455	16	0,294653438			
Falta de Ajuste	0,437925	4	0,10948125	0,30720584	0.8676	not significant
Error Puro	4,27653	12	0,3563775			
Cor Total	31,5181238	20				

Std. Dev.	0,54281989		R cuadrado	0,83343134
Media	2,97190476		R cuadrado Ajustado	0,80219972
C.V. %	18,2650501		R cuadrado Pred.	0,718502
PRESS	7,96734306		Presicion Adecuada	12,0531287

Tabla 15. Tabla de ANOVA para el Desperdicio (Kg). Modelo Reducido.

La tabla de ANOVA presentada contiene solo los factores e interacciones significativas determinadas anteriormente. Consecuentemente se procede a comparar las tablas de ANOVA del Modelo Completo con la nueva tabla de ANOVA del Modelo Reducido. El Modelo Reducido al igual que el completo es significativo ya que tiene un Valor F de 26,68. A diferencia del Modelo Completo, el nuevo Modelo Reducido tiene un 0,01% de probabilidad que un modelo de este tamaño pueda volver a ocurrir como consecuencia del ruido, en consecuencia se redujo dicho porcentaje significativamente. Igualmente, se pudo comprobar que los factores espesor de la tela y velocidad de estampado y su interacción sí son significativos ya que los valores P fueron menores a $\alpha = 0,05$. Con esto como referencia, queda comprobado por ambos modelos que los factores significativos y sus interacciones son correctos.

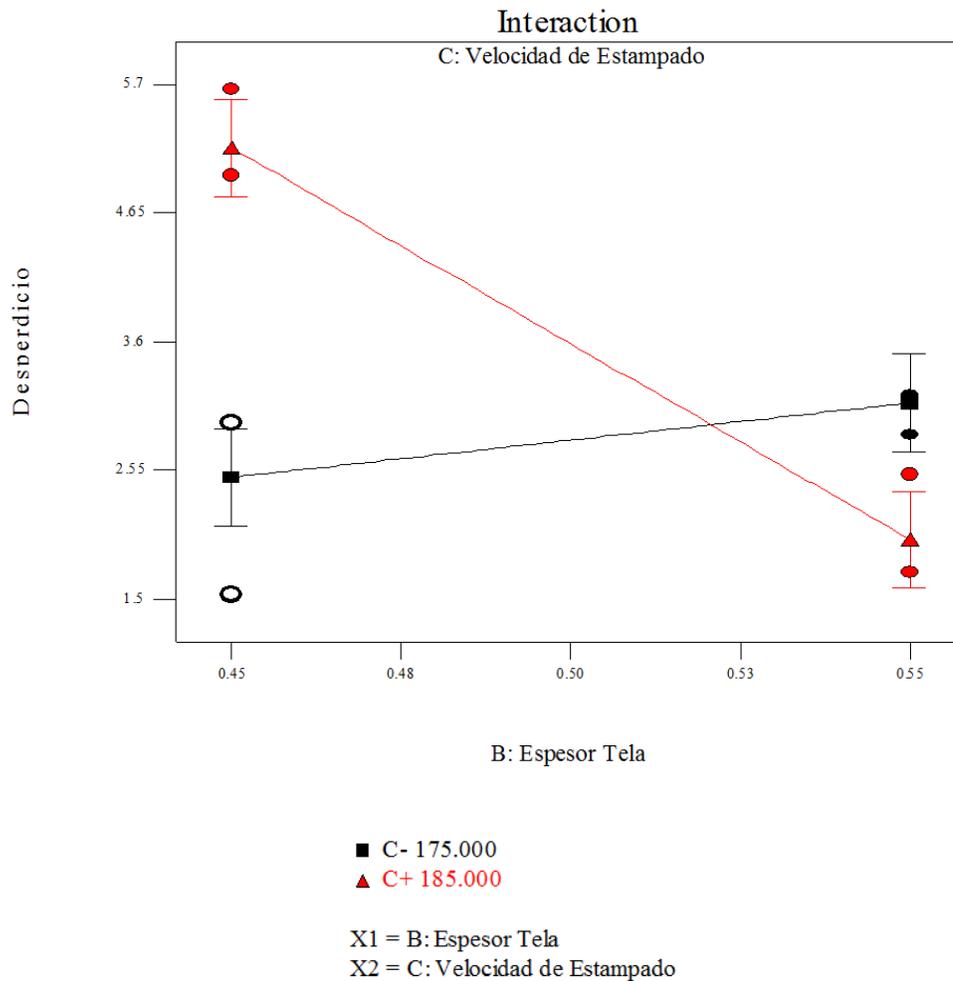


Ilustración 11. Gráfico de la Interacción de los Factores Significativos del Modelo Reducido. Desperdicio

Este gráfico muestra la manera en que los factores significantes (espesor de tela y velocidad de estampado) interactúan, se puede observar que con una la velocidad de estampado de 185 rpm y un espesor de tela de 0,55 cm, el desperdicio disminuye notablemente, es decir, existe una interacción inversamente proporcional, mientras el valor del espesor de tela sube, el valor de la variable de respuesta baja. De la misma manera, al analizar los resultados con una velocidad de estampado de 175 rpm, se puede determinar que entre este factor y el espesor de tela existe una interacción proporcional, a medida que va subiendo el espesor de tela, el desperdicio también aumenta.

Asimismo, la tabla de ANOVA muestra claramente que el Valor R^2 de ambas tablas tiene una diferencia mínima ya que el R^2 no es muy valioso al momento de aumentar o quitar factores. Sin embargo, el R^2 ajustado sí ha aumentado de 0,76 del Modelo Completo a 0,80 del Modelo Reducido, lo que quiere decir que el Modelo Reducido mide mejor la proporción de la variabilidad total explicada por el modelo.

La Desviación Estándar también se vio reducida ya que para el Modelo Completo era de 0,59, mientras que para el Modelo Reducido es de 0,54; lo que indica menor variabilidad del modelo. Del mismo modo, el estadístico PRESS (suma de los cuadrados de la predicción del error) se ha reducido considerablemente de 12,41 del Modelo Completo, a 7,96 del Modelo Reducido, lo que quiere decir que a menor valor PRESS, mejor predictor es el modelo. El estadístico R^2 Predictivo indica que se esperaría que el Modelo Reducido explique el 71,85% de la variabilidad de los posibles datos nuevos, muy por encima del 56,11% del Modelo Completo.

Por último, el valor F de la falta de ajuste de 0,31 implica que la falta de ajuste compuesta por las sumas de cuadrados de las interacciones que se eliminaron del Modelo Completo, no son relativamente significativas al error puro, esto es bueno ya que se quiere que el modelo sí se ajuste. Existe el 86,76% de oportunidad que la falta de ajuste de este tamaño se repita debido al ruido.

En conclusión, la eliminación de los términos no significativos del Modelo Completo ha producido un Modelo Reducido que posiblemente funcionará con mayor eficiencia como predictor de datos nuevos.

4.6.2.1.- Análisis de la Regresión Lineal del Modelo Reducido:

La regresión lineal del modelo reducido comprende la utilización de aquellos factores que dentro del análisis de ANOVA resultaron como significantes para el modelo, esto para poder determinar la combinación que nos permite reducir el desperdicio y a su vez mejorar el proceso. De esta manera la ecuación de regresión lineal es:

$$y = \beta_0 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_{23}x_2x_3 + \varepsilon$$

Ecuación 5. Regresión Lineal para el Desperdicio. Modelo Reducido.

Donde:

y = Desperdicio

β_0 = Coeficiente de Regresión del Modelo.

β_2 = Coeficiente de Regresión del Espesor de Tela.

β_3 = Coeficiente de Regresión de la Velocidad del Estampado.

β_{23} = Coeficiente de Regresión del Espesor de Tela vs Velocidad del Estampado.

Una vez determinados lo que representa cada una de las variables dentro del modelo, se procede a cambiar los mismos por los valores obtenidos en el Design Expert (Ver Tabla 16). De esta manera tenemos la ecuación de regresión lineal para el modelo reducido es:

$$y = -346,2681 + 670,6125x_2 + 1,977374x_3 - 3,797499x_2x_3 + \varepsilon$$

Ecuación 6. Regresión Lineal para el Desperdicio. Factores Significantes.

Con la ecuación de regresión lineal para el modelo reducido se procede a calcular los desperdicios, cambiando los valores de las x, por los valores de calibración de la máquina para los parámetros de espesor de tela y velocidad del estampado. De esta manera:

Calculo de Residuos con la Ecuacion de Regresion Lineal para el Modelo Reducido

$$y = -346,2681 + 670,6125x_2 + 1,977374x_3 - 3,797499x_2x_3 + \varepsilon$$

Factor 1 Velocidad del Tunel rpm	Factor 2 Espesor de Tela cm	Factor 3 Velocidad de Estampado rpm	Desperdicio Kg	Desperdicio Calculado	Residuo
250	0,45	175	2,94	2,49	0,45
247,5	0,5	180	1,53	3,19	-1,66
250	0,55	185	1,72	1,99	-0,27
245	0,55	185	2,08	1,99	0,09
250	0,45	185	4,96	5,18	-0,22
245	0,45	185	5,16	5,18	-0,02
245	0,55	175	2,64	3,10	-0,46
245	0,55	175	3,76	3,10	0,66
250	0,55	175	2,84	3,10	-0,26
247,5	0,5	180	3,41	3,19	0,22
247,5	0,5	180	2,12	3,19	-1,07
245	0,45	185	4,94	5,18	-0,24
245	0,55	185	1,63	1,99	-0,36
250	0,45	185	5,66	5,18	0,48
245	0,45	175	2,7	2,49	0,21
245	0,45	175	2,8	2,49	0,31
250	0,55	185	2,52	1,99	0,53
250	0,45	175	1,54	2,49	-0,95
250	0,55	175	3,16	3,10	0,06
247,5	0,5	180	2,04	3,19	-1,15
247,5	0,5	180	2,26	3,19	-0,93

Tabla 16. Cálculo de los Valores de Desperdicio con la Regresión Lineal. Modelo Reducido.

Se realizó un análisis a través de un histograma entre los desperdicios tomados durante el experimento y los desperdicios calculados a través de la ecuación de la regresión lineal del modelo reducido. De la siguiente manera:

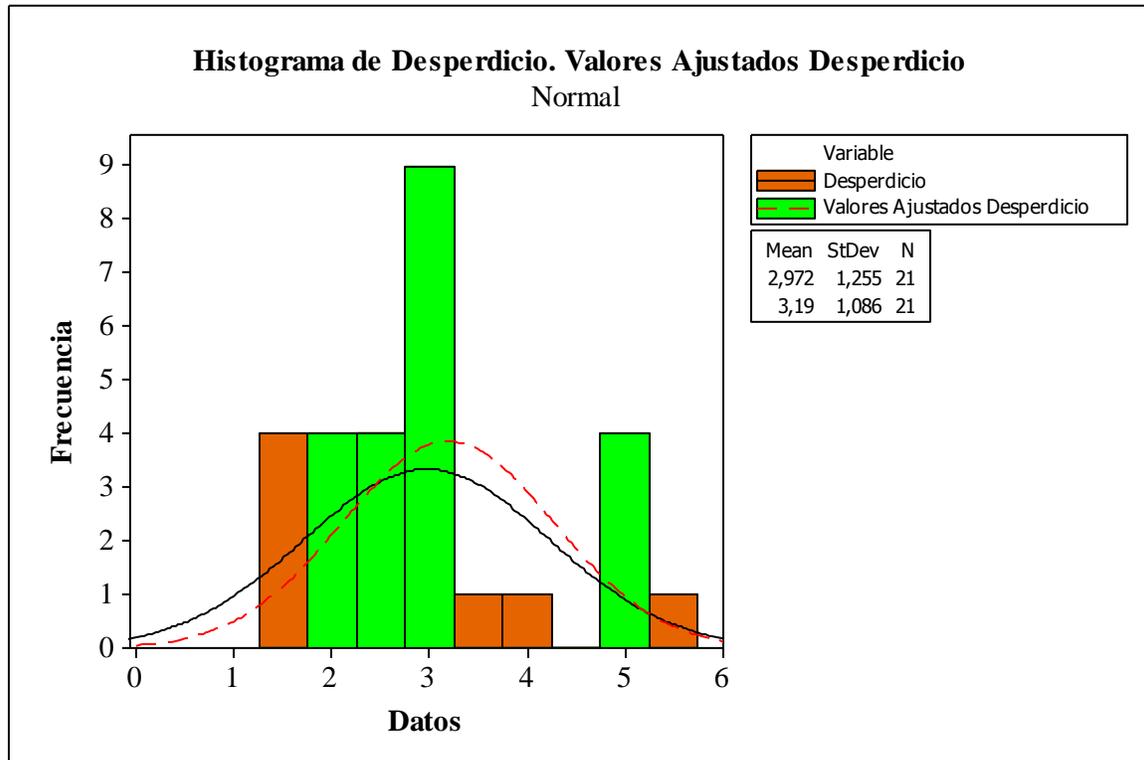


Ilustración 12. Histograma del Desperdicio vs. Valores Ajustados Desperdicio. Modelo Reducido.

Este histograma demuestra que la frecuencia de los valores ajustados del desperdicio, se encuentran concentrados en el valor 3, pero no existe una mayor dispersión de los datos ya que los mismos se encuentran entre los valores de 2 y 3. La media de los datos ajustados es más alta, pero la desviación estándar es menor, lo cual indica que la dispersión de datos es menor que los desperdicios tomados durante el experimento, y que los valores ajustados del modelo completo. Además se puede observar que los valores ajustados no presentan una distribución normal, por este motivo en particular se debe realizar un análisis con los residuos del modelo, para así verificar la adecuación del modelo y determinar si el modelo es suficientemente robusto y esta correcto³⁷.

³⁷ Montgomery, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa Willey. México 2005. Capítulo 3. Páginas: 76-77.

4.6.2.2.- Análisis del Gráfico de Probabilidad Normal

Una vez obtenido los resultados con la tabla ANOVA, se procede a realizar un análisis de la gráfica de probabilidad de normalidad.

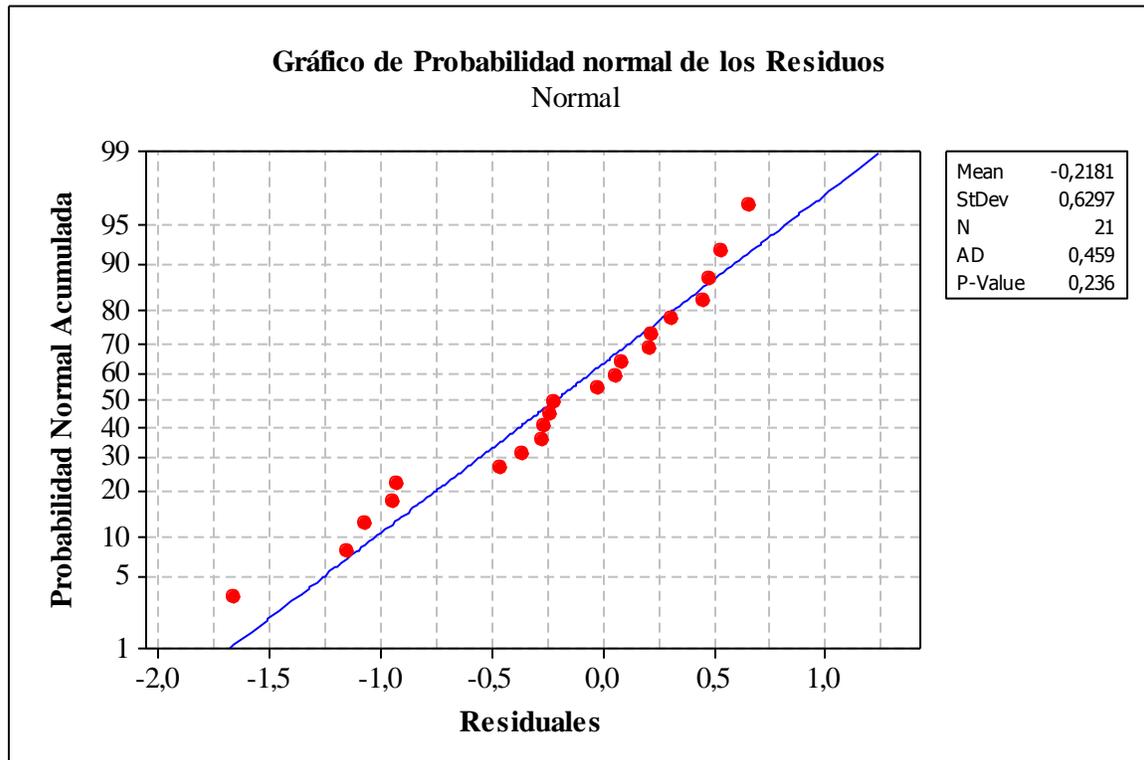


Ilustración 13. Gráfico de Probabilidad normal de los Residuos. (Desperdicio) Modelo Reducido

Primeramente se puede ver que los residuales siguen una distribución normal, debido a que el valor p , de la prueba de normalidad es mayor a 0,05. Además dentro de esta gráfica se puede observar que los datos presentan un leve sesgo, ya que cola izquierda es más alargada, es decir, que existe una mayor dispersión de estos residuales con respecto al resto de los mismos. La tendencia de la gráfica de probabilidad normal al curvarse levemente hacia el lado izquierdo, implica que la cola izquierda de la distribución de los errores sea un tanto más delgada, es decir, los residuales negativos no son tan grandes (en valor absoluto).

En conclusión se puede ver que los residuales, tienen una desviación moderada de normalidad que no es motivo de preocupación para el presente estudio. Razón por la cual la prueba F solo se ve afectada ligeramente por estos residuales. De esta manera se puede

concluir que el análisis de varianza es robusto con respecto al supuesto de normalidad³⁸.

4.6.2.4.- Análisis del Gráfico de los Residuales contra los Valores Ajustados:

El gráfico de los residuales contra los valores ajustados, permite determinar si el modelo es correcto y si se satisfacen los supuestos. Para que esto sea posible los residuales deberán estar sin estructura en particular; no deberán estar relacionados con ninguna otra variable, incluyendo la respuesta predicha.

Para que el modelo sea considerado como correcto esta gráfica no debe presentar ningún patrón obvio alguno. Así tenemos:

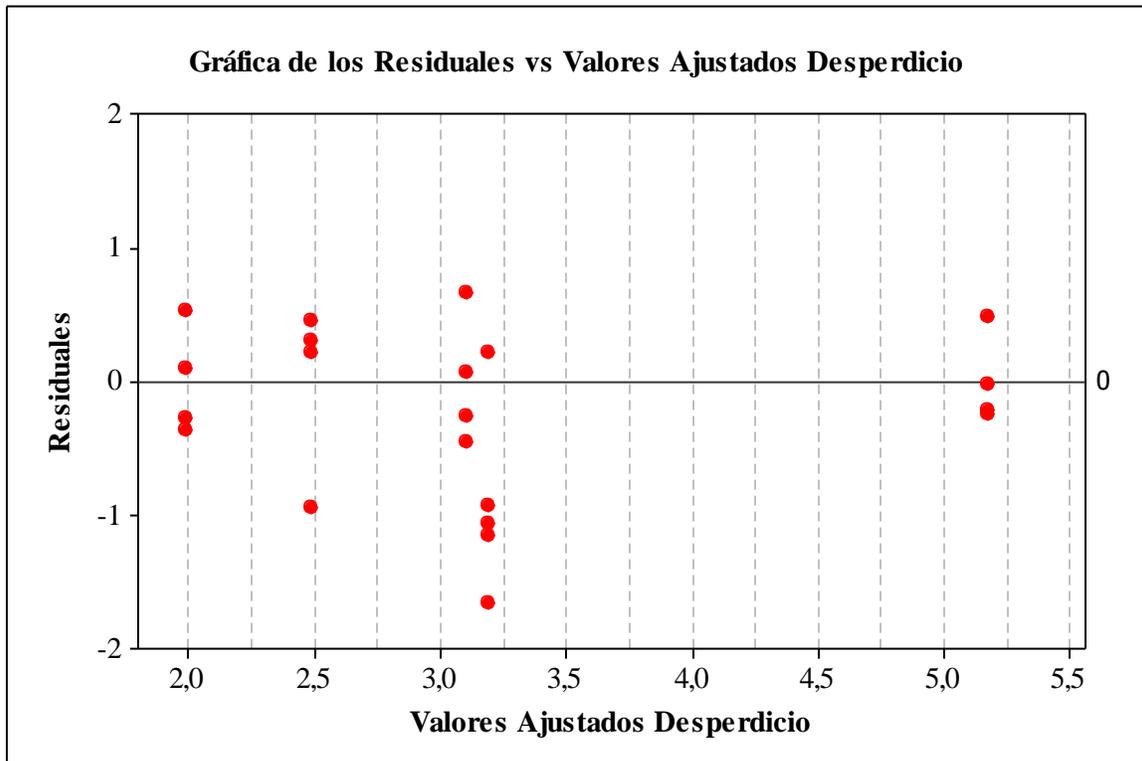


Ilustración 14. Gráfica de los Residuales vs. Valores Ajustados Desperdicio. Modelo Reducido

Dentro del gráfico los valores residuales no presentan ningún patrón obvio, y presentan una dispersión entre todos los resultados. La gráfica presenta lo que se llama una varianza no constante, esto se debe a que la magnitud de las observaciones no es tan

³⁸ Montgomery, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa Willey. México 2005. Capítulo 3. Páginas: 77 -78.

grande. Si se llega a violar el supuesto de homogeneidad de las varianzas, la prueba F solo resulta afectada ligeramente en el modelo balanceado con efectos fijos.

En conclusión debido a que el gráfico no tiene un patrón obvio de los residuales, y los tamaños de las muestras son iguales, el modelo es correcto y satisface los supuestos del mismo³⁹.

Lo que demuestran estos resultados es que los factores de espesor de tela, velocidad de estampado y la interacción de ambos, son significativos para el modelo de regresión. Además se puede demostrar con el análisis de residuales que el modelo es lo suficientemente robusto y correcto, ya que no genera una variabilidad que pueda influir directamente dentro de la prueba del Valor F. Esto implica que el modelo y sus factores son significativos; igualmente tiene valores aceptables de medición de variabilidad y de predicción de los mismos.

³⁹ Montgomery, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa Willey. México 2005. Capítulo 3. Páginas: 80 -82.

4.6.3.- Tabla Análisis de Varianza para la Humedad (%)

Una vez ingresados los datos en el Design Expert, el software procedió a calcular los siguientes resultados de la tabla de ANOVA:

Tabla ANOVA						
Respuesta = Humedad (%)						
Nivel alpha = 0,05						
Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media Cuadrado	Valor F	Valor p Prob > F	
Modelo	0.6242	7	0.089171429	2.9648	0.0474	significant
A-Velocidad del Tunel	0.1444	1	0.1444	4.80106	0.0489	
B-Espesor Tela	0.1936	1	0.1936	6.43688	0.0261	
C-Velocidad de Estampado	0.0529	1	0.0529	1.75884	0.2095	
AB	0.0144	1	0.0144	0.47878	0.5021	
AC	0.1764	1	0.1764	5.86501	0.0322	
BC	0.0361	1	0.0361	1.20027	0.2948	
ABC	0.0064	1	0.0064	0.21279	0.6528	
Curvatura	1.23337524	1	1.233375238	41.0077	< 0.0001	significant
Error puro	0.36092	12	0.030076667			
Cor Total	2.21849524	20				
Std. Dev.	0.17342626			R cuadrado	0.63363	
Media	12.1795238			R cuadrado Ajustado	0.41991	
C.V. %	1.42391657			R cuadrado Pred.	-0.2712	
PRESS	1.2522875			Presicion Adecuada	7.43389	

Tabla 17. Tabla de ANOVA para la Humedad (%). Modelo Completo.

La presente tabla de ANOVA contiene la información suficiente para determinar qué factores u observaciones son significativas para la variable de respuesta de porcentaje de humedad. Para empezar, la tabla muestra que el valor F del modelo es significativo para el tipo de estudio realizado, y que existe solo el 4,74% de probabilidad que un modelo de Valor F del mismo tamaño pueda ocurrir debido al ruido. Igualmente, un valor de 41 de la curvatura del valor F implica que existe, una curvatura significativa como resultado de la diferencia entre el promedio de los puntos centrales y el promedio de los puntos factoriales, en el espacio del diseño. Dicha curvatura indica que existe una evidencia de curvatura de

segundo orden en la respuesta en la región de exploración⁴⁰. El análisis de la curvatura, propone la siguiente hipótesis:

H_0 = El modelo de primer orden es razonable

H_1 = El modelo de primer orden no es razonable

Debido a que solo existe el 0,01% de probabilidad que el Valor F de Curvatura de este tamaño puede volver a ocurrir por el ruido, lo que quiere decir que existe evidencia para rechazar la hipótesis nula, lo cual indica que a pesar que el modelo lineal es significativo, si se quería obtener mejores resultados se tendría que correr nuevos experimentos dentro de un nuevo diseño experimental, que se ajusten a una ecuación de segundo orden.

También, la tabla demuestra que los valores P que sean menores que el valor alpha = 0,05, son significativos, por lo que se puede concluir que la interacción entre la velocidad del túnel y la velocidad de estampado sí es significativa; asimismo, los factores velocidad del túnel y espesor de tela también son significativos independientemente, sin embargo la velocidad de estampado no es significativa como factor independiente.

Estos resultados pueden ser muy fácilmente comprobados, al calcular el valor F estadístico:

Fuente	Valor F	F estadístico
Modelo	2.96480423	2,91
A-Velocidad del Tunel	4.80106395	4,75
B-Espesor Tela	6.43688352	4,75
C-Velocidad de Estampado	1.75883852	4,75
AB	0.47877646	4,75
AC	5.86501164	4,75
BC	1.20026599	4,75
ABC	0.21278954	4,75

Tabla 18. Tabla de Análisis entre Valor F vs Valor F Estadístico. Humedad (%)

⁴⁰ Montgomery, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa Willey. México 2005. Capítulo 6. Páginas: 274.

Dado que el F estadístico del modelo es $F_{0,05, 7, 12} = 2,91$ menor al valor $F = 2,96$ se puede comprobar que en efecto el modelo sí es significativo. De igual forma, la interacción de los diferentes factores es $F_{0,05, 1, 12} = 4,75$; con lo que se puede concluir que existe una interacción significativa entre la velocidad del túnel y la velocidad del estampado. Asimismo, el F estadístico de los factores principales es $F_{0,05, 1, 12} = 4,75$, por lo que los efectos de los factores principales como los son la velocidad del túnel y el espesor de tela son significativos independientemente.

Prosiguiendo con el análisis de la Tabla ANOVA, el valor de $R^2 = 0,63$ indica la proporción de la variabilidad total explicada por el modelo la cual se encuentra en un rango aceptable, sin embargo, como ya se dijo anteriormente, el R^2 no es un estadístico que se adapte a un modelo con factores variables; por esto mejor se utiliza el estadístico R^2 ajustado; que está concentrado al número de factores utilizados por el modelo con lo cual en el presente caso tiene un valor de 41,99%. Cabe recalcar que ambos valores son bajos si se los compara con los valores obtenidos en la Tabla de ANOVA del Desperdicio, lo que implica que ese modelo de regresión tiene una mejor representación.

En la presente tabla de ANOVA se puede apreciar que el estadístico R^2 Predictivo es -27,12%; este valor negativo implica que la media total es un mejor predictor de la variable de respuesta que el modelo mismo. Por lo contrario, la Precisión Adecuada mantiene una señal adecuada de 7,43; ya que lo que se busca es un ratio de la señal del ruido mayor a 4, lo que significaría que este modelo pudiese ser utilizado para navegar el espacio diseñado.

4.6.3.1.- Análisis de la Regresión Lineal del Modelo Completo:

La regresión lineal del modelo completo comprende la utilización de todos los factores del modelo tanto los significantes como los no significantes, para conocer de una mejor manera el comportamiento del modelo. De esta manera la ecuación de regresión lineal es:

$$y = \beta_0 + \beta_{1X_1} + \beta_{2X_2} + \beta_{3X_3} + \beta_{12X_1X_2} + \beta_{13X_1X_3} + \beta_{23X_2X_3} + \beta_{123X_1X_2X_3} + \varepsilon$$

Ecuación 7. Regresión Lineal para la Humedad. Modelo Completo

Donde:

y = % Humedad

β_0 = Coeficiente de Regresión del Modelo.

β_1 = Coeficiente de Regresión de la Velocidad del Túnel.

β_2 = Coeficiente de Regresión del Espesor de Tela.

β_3 = Coeficiente de Regresión de la Velocidad del Estampado.

β_{12} = Coeficiente de Regresión de la Velocidad del Túnel vs Espesor de Tela.

β_{13} = Coeficiente de Regresión de la Velocidad del Túnel vs Velocidad del Estampado.

β_{23} = Coeficiente de Regresión del Espesor de Tela vs Velocidad del Estampado.

β_{123} = Coeficiente de Regresión de la Velocidad del Túnel vs Espesor de Tela vs Velocidad del Estampado.

Una vez determinados lo que representa cada una de las variables dentro del modelo, se procede a cambiar los mismos por los valores obtenidos en el Design Expert (Ver Tabla 19). De esta manera tenemos la ecuación de regresión lineal para el modelo completo es:

$$y = -273,23 + 1,21x_1 + 1334,2x_2 + 1,7975x_3 - 5,52x_1x_2 - 0,0076x_1x_3 - 7,73x_2x_3 + 0,032x_1x_2x_3 + \varepsilon$$

Ecuación 8. Regresión Lineal para la Humedad. Modelo Completo

Con la ecuación de regresión lineal para el modelo completo se procede a calcular las humedades, cambiando los valores de las x , por los valores de calibración de la máquina

para los parámetros de velocidad del túnel, espesor de tela y velocidad del estampado. De esta manera:

Calculo de Residuos con la Ecuacion de Regresion Lineal para el Modelo Completo

$$y = -273,23 + 1,21x_1 + 1334,2x_2 + 1,7975x_3 - 5,52x_1x_2 - 0,0076x_1x_3 - 7,73x_2x_3 + 0,032x_1x_2x_3 + \varepsilon$$

Factor 1 Velocidad del Túnel rpm	Factor 2 Espesor de Tela cm	Factor 3 Velocidad de Estampado rpm	Humedad %	Humedad Calculado	Residuo
250	0,45	175	11,92	11,98	-0,06
247,5	0,5	180	11,55	12,31	-0,76
250	0,55	185	12,70	12,59	0,11
245	0,55	185	12,68	12,47	0,21
250	0,45	185	12,22	12,17	0,05
245	0,45	185	12,24	12,25	-0,01
245	0,55	175	12,56	12,51	0,05
245	0,55	175	12,46	12,51	-0,05
250	0,55	175	12,15	12,13	0,02
247,5	0,5	180	11,85	12,31	-0,46
247,5	0,5	180	11,66	12,31	-0,65
245	0,45	185	12,27	12,25	0,02
245	0,55	185	12,26	12,47	-0,21
250	0,45	185	12,13	12,17	-0,04
245	0,45	175	12,13	12,40	-0,27
245	0,45	175	12,68	12,40	0,28
250	0,55	185	12,48	12,59	-0,11
250	0,45	175	12,05	11,98	0,07
250	0,55	175	12,11	12,13	-0,02
247,5	0,5	180	11,89	12,31	-0,42
247,5	0,5	180	11,78	12,31	-0,53

Tabla 19. Cálculo de los Valores de Desperdicio con la Regresión Lineal. Modelo Completo.

Se realizó un análisis a través de un histograma, entre las humedades tomadas durante el experimento y las humedades calculados a través de la ecuación de la regresión lineal del modelo completo. De la siguiente manera:

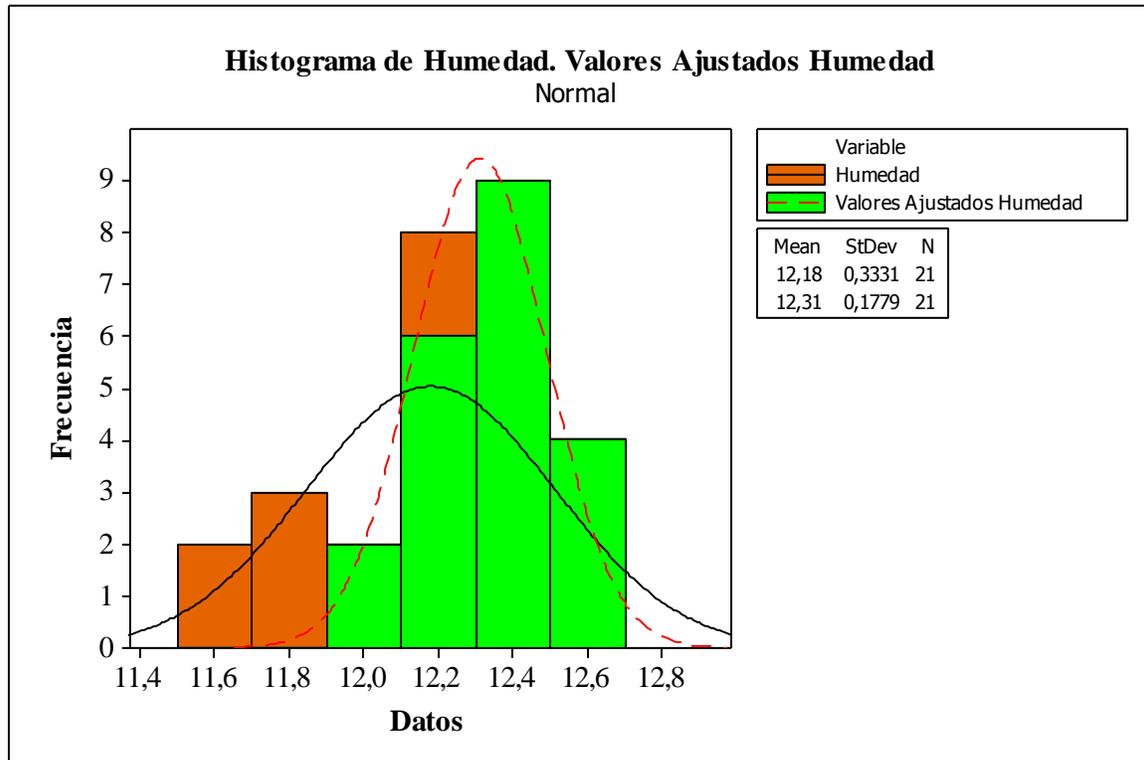


Ilustración 15. Histograma de la Humedad vs. Valores Ajustados Humedad. Modelo Completo.

Este histograma demuestra que tanto los datos de humedad tomados durante el experimento, como los valores ajustados poseen una distribución normal. Además se puede ver que para los valores ajustados de humedad no existe mucha dispersión entre los datos, lo cual, puede ser comprobado por el valor de desviación estándar, el cual es menor al de los datos tomados durante el experimento. La media de los datos ajustados es más alta, lo cual indica que la mayor concentración de datos se encuentra cerca de este valor. Con estos resultados se puede realizar un análisis residual para así verificar la adecuación del modelo y determinar si el modelo es suficientemente robusto y está correcto⁴¹.

⁴¹ Montgomery, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa Willey. México: 2005. Capítulo 3. Páginas: 76-77.

4.6.3.2.- Análisis del Gráfico de Probabilidad Normal

Una vez obtenido los resultados con la tabla ANOVA, se procede a realizar un análisis de la gráfica de probabilidad de normalidad.

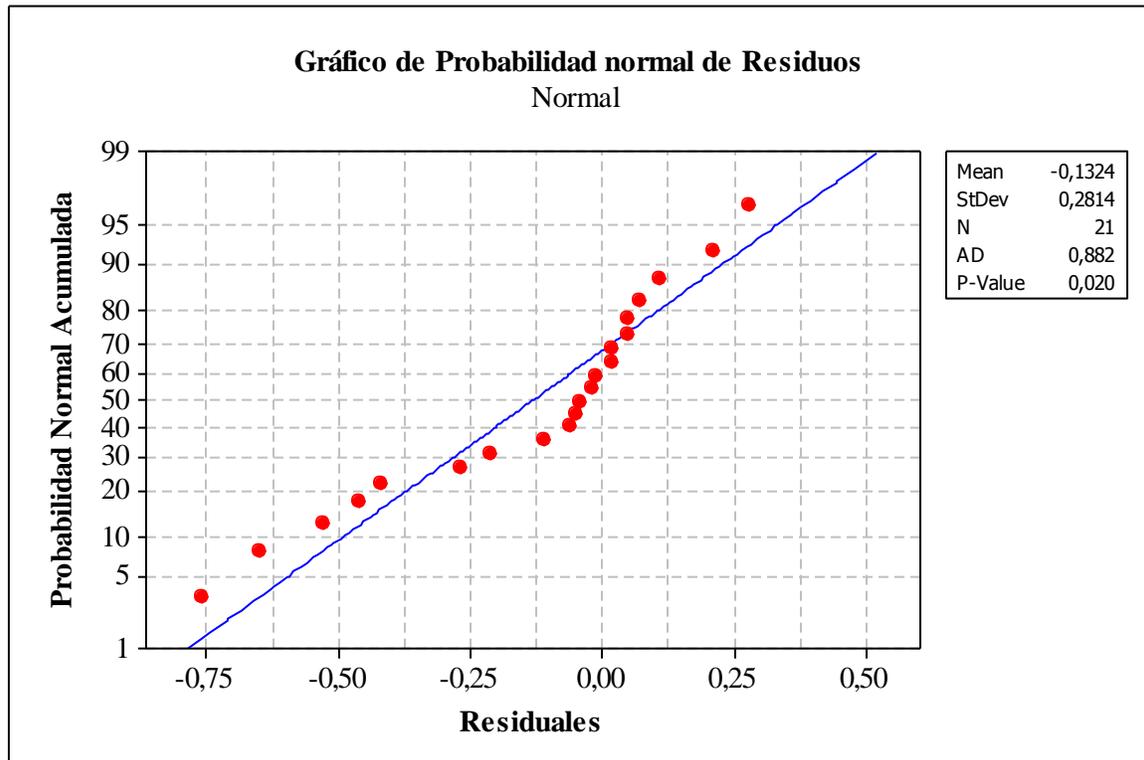


Ilustración 16. Gráfico de Probabilidad normal de los Residuos. (Humedad). Modelo Completo.

Para este gráfico de normalidad de residuos, se puede ver que existe un leve sesgo, sobre todo para la cola izquierda, ya que esta es más alargada. Debido a esto se puede determinar que los datos de la cola izquierda son más variables, es decir, poseen una mayor dispersión de los residuales con respecto al resto de los mismos. La tendencia de la gráfica de probabilidad normal presenta una curvatura hacia el lado izquierdo, implica que la cola izquierda de la distribución de los errores sea un tanto más delgada, lo que quiere decir que los valores negativos no son tan grandes, si se los saca el valor absoluto.

En conclusión los residuales, tienen una desviación moderada de normalidad que no es motivo de preocupación para la credibilidad del modelo. Determinando así, que el modelo de análisis de varianza, es lo suficientemente robusto con respecto a la

normalidad⁴².

4.6.1.3.- Análisis del Gráfico de los Residuales contra los Valores Ajustados:

El gráfico de los residuales contra los valores ajustados, permite determinar si el modelo es correcto y si se satisfacen los supuestos. Para que esto sea posible los residuales deberán estar sin estructura. Para que el modelo sea considerado como correcto esta gráfica no debe presentar ningún patrón obvio alguno. Así tenemos:

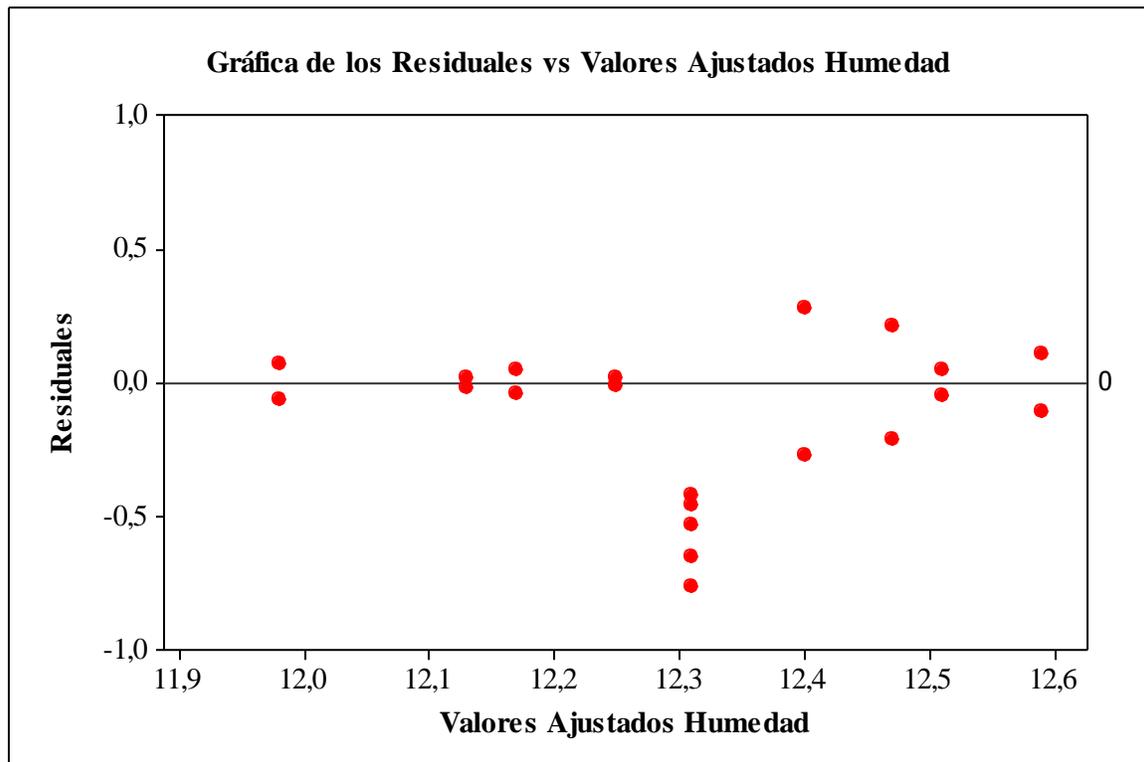


Ilustración 17. Gráfica de los Residuales vs. Valores Ajustados Humedad. Modelo Completo.

El gráfico indica que la varianza de los residuales vs los valores ajustados de humedad presentan una varianza no constante. En donde los valores residuales no presentan ningún patrón obvio, y muestran una dispersión entre todos los resultados. Si se llega a violar el supuesto de homogeneidad de las varianzas, la prueba F solo resulta afectada

⁴² Montgomery, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa Willey. México 2005. Capítulo 3. Páginas: 77 -78.

ligeramente en el modelo balanceado con efectos fijos⁴³.

En conclusión debido a que el gráfico no tiene un patrón obvio de los residuales, y los tamaños de las muestras son iguales, el modelo es correcto y satisface los supuestos del mismo⁴⁴.

Estos resultados demuestran que los factores velocidad del túnel y espesor de tela son significativos para el modelo. Además la interacción de la velocidad del túnel vs velocidad del estampado, también se presentan como un factor significativo dentro del modelo, por lo cual, se debe incluir dentro del modelo de regresión al factor velocidad de estampado aunque este no sea significativo. Debido a la introducción de este factor no significativo, la regresión lineal presenta algo de ruido o una variación que no es de preocupación para el desarrollo del modelo, ya que como se pudo demostrar anteriormente los residuales de los valores ajustados son mínimos, indicando así que no afectan al momento de realizar la prueba del Valor F. Con todo esto se puede demostrar que el modelo es lo suficientemente robusto y correcto, y que además el modelo y sus factores son significativos; teniendo valores aceptables de medición de variabilidad y de predicción de los mismos.

Para mejorar aun más el modelo, se puede proceder a eliminar del estudio los factores que no son significativos como lo son las interacciones entre velocidad del túnel vs espesor de tela, espesor de tela vs velocidad de estampado y velocidad del túnel vs espesor de tela vs velocidad de estampado. De esta forma se procede a correr nuevamente al Design Expert con los nuevos datos.

⁴³ Montgomery, et all. Introducción al Análisis de Regresión Lineal. Tercera Edición. Editorial Continental. México 2004. Capítulo 4. Páginas: 126 -128.

⁴⁴ Montgomery, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa Willey. México 2005. Capítulo 3. Páginas: 80 -82.

4.6.4.- Tabla Análisis de Varianza para la Humedad (%) Modelo Reducido

Una vez ingresados los nuevos datos en el Design Expert, el software procedió a calcular los siguientes resultados de la tabla de ANOVA:

Tabla ANOVA						
Respuesta = Humedad (%)						
Nivel alpha = 0,05						
Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media Cuadrado	Valor F	Valor p Prob > F	
Modelo	0.5673	4	0.141825	5.09161	0.0086	significativo
A-Velocidad del Tunel	0.1444	1	0.1444	5.18405	0.0379	
B-Espesor Tela	0.1936	1	0.1936	6.95036	0.0187	
C-Velocidad de Estampado	0.0529	1	0.0529	1.89914	0.1884	
AC	0.1764	1	0.1764	6.33287	0.0237	
Curvatura	1.23337524	1	1.233375238	44.2789	< 0.0001	significativo
Residual	0.41782	15	0.027854667			
Falta de Ajuste	0.0569	3	0.018966667	0.63061	0.6092	no significativo
Error Puro	0.36092	12	0.030076667			
Cor Total	2.21849524	20				

Std. Dev.	0.16689717		R cuadrado	0.57586893
Media	12.1795238		R cuadrado Ajustado	0.46276731
C.V. %	1.37030952		R cuadrado Pred.	0.14675841
PRESS	0.84054535		Presicion Adecuada	9.20857876

Tabla 20. Tabla de ANOVA para la Humedad (%). Modelo Reducido.

La tabla de ANOVA presentada contiene solo los factores e interacciones significativas determinadas anteriormente.

El Modelo Reducido al igual que el completo es significativo ya que tiene un valor F de 5,09 mayor que el estadístico. A diferencia del Modelo Completo, el nuevo Modelo Reducido tiene un 0,86% de probabilidad que un modelo de este tamaño pueda volver a ocurrir como consecuencia del ruido, por lo tanto se redujo dicho porcentaje significativamente. De igual forma se pudo comprobar que los factores de velocidad del túnel y espesor de la tela sí son significativos. Asimismo, las interacciones entre la velocidad del túnel y la velocidad de estampado sí son significativos ya que los valores P fueron menores a $\alpha = 0,05$. Por lo contrario, la velocidad de estampado como factor independiente no es significativa pero igual fue necesario incluirla en el estudio debido a la interacción que mantiene con la velocidad del túnel. Esto se puede ver en el siguiente gráfico:

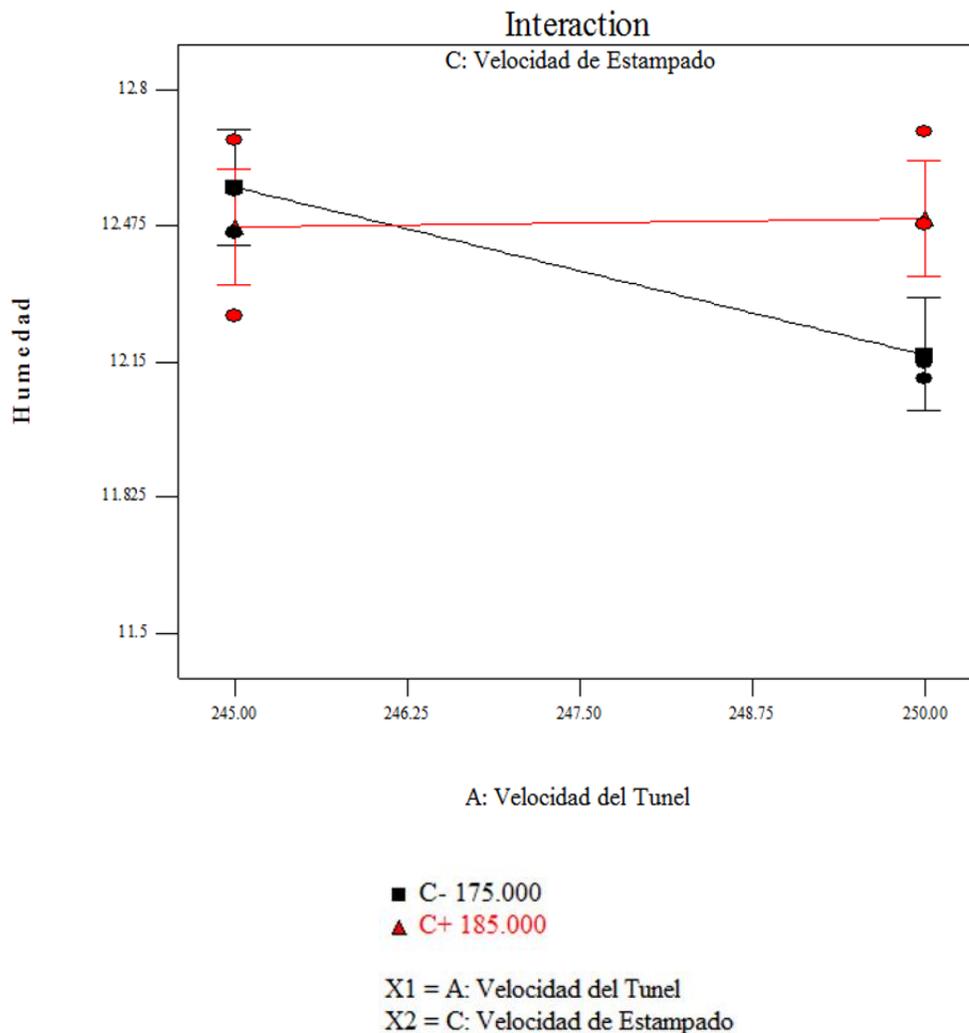


Ilustración 18. Gráfico de la Interacción de los Factores Significativos Modelo Reducido. Humedad (%)

Este gráfico muestra la manera en que los factores significantes (velocidad del túnel y velocidad de estampado) interactúan, se puede observar que con una la velocidad de estampado de 185 rpm y una velocidad del túnel de 250 rpm, la humedad se mantiene entre los valores requeridos por la empresa y por la Norma INEN 1375. Los factores presentan una interacción proporcional, suben el valor de los factores y sube el valor de la humedad, pero se mantiene dentro del rango permitido y aceptado por la empresa. De la misma manera, al analizar los resultados con una velocidad de estampado de 175 rpm, se puede determinar que entre este factor y la velocidad del túnel, existe una interacción inversamente proporcional, a medida que va subiendo el espesor de tela, la humedad va

disminuyendo, pero se puede ver que aun con estas baja, el parámetro de humedad se encuentra dentro de los rangos permitidos.

Asimismo dentro de la tabla ANOVA, los valores R^2 de los modelos son diferentes, el del Modelo Completo es mayor (0,63) que la del Modelo reducido (0,57), lo que significa que el Modelo Completo mide mejor la variabilidad total explicada por el modelo. No obstante, el R^2 ajustado del Modelo Reducido es mayor (0,46) que el R^2 ajustado del Modelo Completo (0,41), lo que quiere decir que el estadístico está mejor ajustado al tamaño del Modelo Reducido lo que significa que el Modelo Reducido mide mejor la proporción de la variabilidad total explicada por el modelo.

La Desviación Estándar también se vio reducida mínimamente, ya que para el Modelo Completo era de 0,17, mientras que para el Modelo Reducido es de 0.16, lo que indica menor variabilidad del modelo. La Desviación Estándar de la Humedad es significativamente menor que la del desperdicio debido a que en la Humedad existen parámetros que se deben cumplir, mientras que en el Desperdicio solo se busca minimizarlo. El estadístico R^2 Predictivo en el Modelo Reducido es positivo con un valor de 14,67% a diferencia del valor negativo que tiene el Modelo Completo. En este caso el R^2 Predictivo es muy pequeño, lo que indica que el modelo no va a poder explicar gran parte de la variabilidad de los datos nuevos. Asimismo, el valor de R^2 Predictivo y R^2 ajustado no están tan cercanos como normalmente se esperaría, lo que puede indicar que un gran efecto de bloqueo o un posible problema con el modelo, pueda ocurrir.

Por último, la falta de ajuste de 0,63 implica que la falta de ajuste compuesta por las sumas de cuadrados de las interacciones que se eliminaron del Modelo Completo, no son relativamente significativas al error puro, esto es bueno ya que se quiere que el modelo sí se ajuste. Existe el 60,92% de oportunidad que la falta de ajuste de este tamaño se repita debido al ruido.

En conclusión, la eliminación de los factores no significativos del Modelo Completo y sus respectivas interacciones a dado como resultado un Modelo reducido que posiblemente sea más optimo al predecir la variable de respuesta con datos nuevos. Esto se debe a que el valor de R^2 Predictivo y R^2 ajustado para el Modelo Reducido son más prominentes que los del Modelo Completo. En general, se puede observar que ambos modelos no tienen un porcentaje significativo de predicción o de medición de variabilidad.

Una probable causa de esto es que el factor de velocidad de estampado no es significativo, sin embargo es utilizado en el estudio debido a su interacción con la velocidad del túnel, lo que hace que el modelo no represente de una forma significativa a la variable de respuesta de la humedad.

4.6.4.1.- Análisis de la Regresión Lineal del Modelo Reducido:

La regresión lineal del modelo reducido comprende la utilización de los factores del modelo que son significantes (velocidad de estampado, espesor de tela e interacción entre velocidad del túnel vs velocidad de estampado), para así poder determinar el comportamiento del modelo. Un punto importante que hay que mencionar para este análisis, es que debido a que la interacción de velocidad del túnel vs velocidad de estampado, aparece como significativa, el factor de velocidad de estampado debe incluirse dentro del modelo de análisis de regresión lineal, para de esta manera eliminar el ruido generado y permitir que el modelo de regresión otorgue resultados que se ajusten a las observaciones tomadas durante el experimento. De esta manera la ecuación de regresión lineal es:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{13} X_1 X_3 + \varepsilon$$

Ecuación 9. Regresión Lineal para la Humedad. Modelo Reducido.

Donde:

y = % Humedad

β_0 = Coeficiente de Regresión del Modelo.

β_1 = Coeficiente de Regresión de la Velocidad del Túnel.

β_2 = Coeficiente de Regresión del Espesor de Tela.

β_3 = Coeficiente de Regresión de la Velocidad del Estampado.

β_{13} = Coeficiente de Regresión de la Velocidad del Túnel vs Velocidad del Estampado.

Una vez determinados lo que representa cada una de las variables dentro del modelo, se procede a cambiar los mismos por los valores obtenidos en el Design Expert

(Ver Tabla 21). De esta manera tenemos la ecuación de regresión lineal para el modelo completo es:

$$y = 392,77 - 1,55x_1 + 2,2x_2 - 2,0675x_3 + 0,0084x_1x_3 + \varepsilon$$

Ecuación 10. Regresión Lineal para la Humedad. Factores Significantes.

Con la ecuación de regresión lineal para el modelo reducido se procede a calcular las humedades, cambiando los valores de las x, por los valores de calibración de la máquina para los parámetros de velocidad del túnel, espesor de tela y velocidad del estampado. De esta manera:

Calculo de Residuos con la Ecuacion de Regresion Lineal para el Modelo Reducido

$$y = 392,77 - 1,55x_1 + 2,2x_2 - 2,0675x_3 + 0,0084x_1x_3 + \varepsilon$$

Factor 1 Velocidad del Túnel rpm	Factor 2 Espesor de Tela cm	Factor 3 Velocidad de Estampado rpm	Humedad %	Humedad Calculado	Residuo
250	0,45	175	11,92	11,95	-0,03
247,5	0,5	180	11,55	12,32	-0,77
250	0,55	185	12,70	12,49	0,21
245	0,55	185	12,68	12,47	0,21
250	0,45	185	12,22	12,27	-0,05
245	0,45	185	12,24	12,25	-0,01
245	0,55	175	12,56	12,57	-0,01
245	0,55	175	12,46	12,57	-0,11
250	0,55	175	12,15	12,17	-0,02
247,5	0,5	180	11,85	12,32	-0,47
247,5	0,5	180	11,66	12,32	-0,66
245	0,45	185	12,27	12,25	0,02
245	0,55	185	12,26	12,47	-0,21
250	0,45	185	12,13	12,27	-0,14
245	0,45	175	12,13	12,35	-0,22
245	0,45	175	12,68	12,35	0,33
250	0,55	185	12,48	12,49	-0,01
250	0,45	175	12,05	11,95	0,10
250	0,55	175	12,11	12,17	-0,06
247,5	0,5	180	11,89	12,32	-0,43
247,5	0,5	180	11,78	12,32	-0,54

Tabla 21. Cálculo de los Valores de Humedad con la Regresión Lineal. Modelo Reducido.

Se realizó un análisis a través de un histograma, entre las humedades tomadas

durante el experimento y las humedades calculados a través de la ecuación de la regresión lineal del modelo reducido. De la siguiente manera:

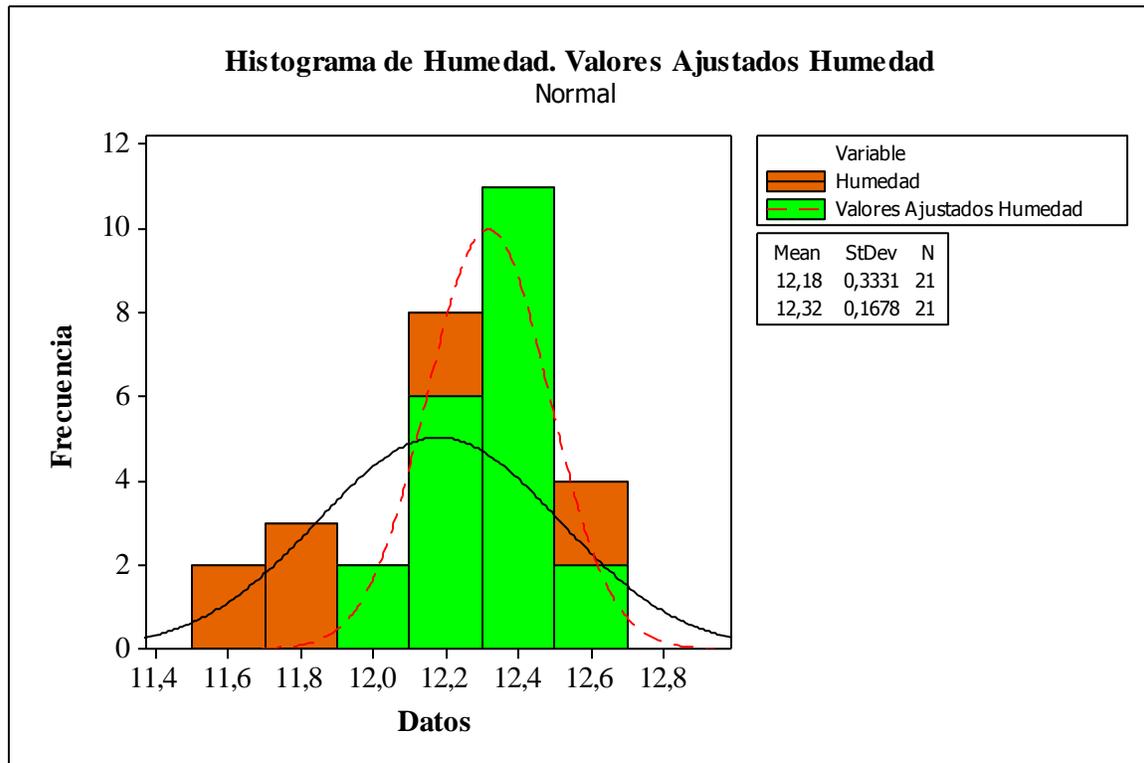


Ilustración 19. Histograma de la Humedad vs. Valores Ajustados Humedad. Modelo Reducido.

En el gráfico se puede observar que los valores ajustados de humedad presentan una distribución normal, y que poseen una dispersión muy baja que está dado por el valor de la desviación estándar, así como por la concentración de los datos alrededor de la media. Estos resultados demuestran que los valores calculados tienen una buena coherencia con respecto a los valores tomados durante el experimento, y con estos resultados se puede realizar un análisis residual para así verificar la adecuación del modelo y determinar si el modelo es suficientemente robusto y está correcto⁴⁵.

⁴⁵ Montgomery, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa Willey. México 2005. Capítulo 3. Páginas: 76-77.

4.6.4.2.- Análisis del Gráfico de Probabilidad Normal

Una vez obtenido los resultados con la tabla ANOVA, se procede a realizar un análisis de la gráfica de probabilidad de normalidad.

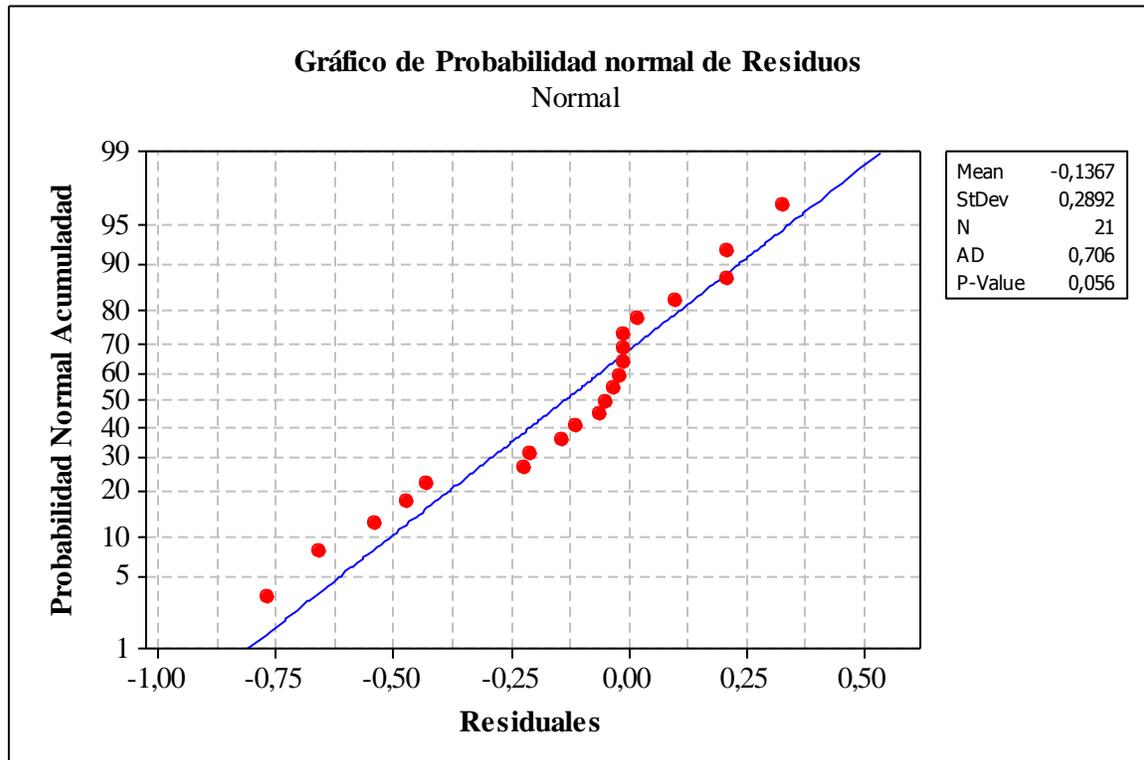


Ilustración 20. Gráfico de Probabilidad normal de los Residuos. (Humedad). Modelo Reducido.

Primeramente este gráfico presenta una distribución normal de los valores ajustados para la humedad. Para este gráfico de normalidad de residuos, se puede ver que existe un leve sesgo, sobre todo para la cola izquierda, de la misma manera como se presentó en el gráfico de normalidad de residuos del modelo completo. La cola izquierda presenta un leve sesgo, ya que los datos están más dispersos y esto hace que la cola se encuentre más alargada. La tendencia de curvatura que presenta la gráfica de probabilidad hacia el lado izquierdo, implica que los valores negativos no son tan grandes si se los saca el valor absoluto.

En conclusión los residuales, son demasiado pequeños haciendo que el modelo sea más robusto y que la credibilidad del mismo aumente. Asimismo esto permite que el modelo de análisis de varianza, sea lo suficientemente robusto con respecto a la

normalidad⁴⁶.

4.6.4.3.- Análisis del Gráfico de los Residuales contra los Valores Ajustados:

El gráfico de los residuales contra los valores ajustados, permite determinar si el modelo es correcto y si se satisfacen los supuestos. Para que esto sea posible los residuales no deben presentar ningún patrón obvio alguno, es decir, estar sin ninguna estructura definida. Así tenemos:

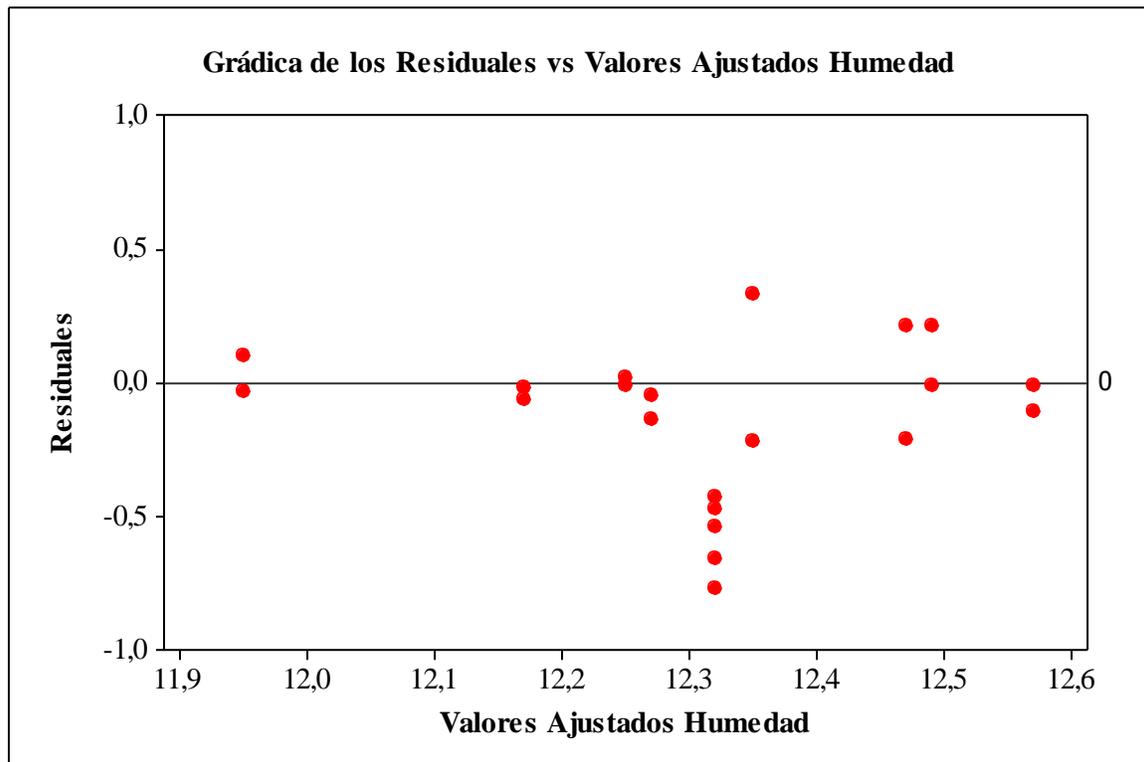


Ilustración 21. Gráfica de los Residuales vs. Valores Ajustados Humedad. Modelo Reducido.

Dentro del gráfico se puede ver que existe una dispersión dentro de los datos obtenidos, lo que hace que dichos valores no presenten una varianza constante. Esto indica que dichos valores no poseen ningún patrón o tendencia. Si se llega a violar el supuesto de homogeneidad de las varianzas, la prueba F solo resulta afectada ligeramente en el modelo

⁴⁶ Montgomery, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa Willey. México 2005. Capítulo 3. Páginas: 77 -78.

balanceado con efectos fijos⁴⁷.

En conclusión debido a que el gráfico no tiene un patrón obvio de los residuales, y los tamaños de las muestras son iguales, el modelo es correcto y satisface los supuestos del mismo⁴⁸.

Todos estos resultados, demuestran que el modelo es lo suficientemente robusto y correcto, y que los valores obtenidos como resultados se encuentran sustentados por los análisis de normalidad de residuales. Asimismo, demuestra que los factores de velocidad del túnel y espesor de tela, son significativos para el modelo, permitiendo obtener datos que sean significantes para el desarrollo y mejora del proceso. Además la interacción de la velocidad del túnel vs velocidad de estampado, es significativa para el modelo, ya que los residuales del mismo son valores sumamente pequeños, los cuales indican que la variabilidad es baja, y que los datos no se encuentran alejados de la realidad. Asimismo se puede concluir de la misma manera para el factor de velocidad de estampado, el cual fue incluido para reducir el ruido generado por la interacción de los dos factores, y permitió que el modelo de regresión se ajuste de mejor manera a la realidad del proceso en sí. Con todo esto se puede demostrar que el modelo es lo suficientemente robusto y correcto, y que además el modelo y sus factores son significativos; teniendo valores aceptables de medición de variabilidad y de predicción de los mismos.

⁴⁷ Montgomery, et all. Introducción al Análisis de Regresión Lineal. Tercera Edición. Editorial Continental. México 2004. Capítulo 4. Páginas: 126 -128.

⁴⁸ Montgomery, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa Willey. México 2005. Capítulo 3. Páginas: 80 -82.

4.7.- Conclusiones del Experimento:

Mediante el Diseño Experimental se pudo determinar los factores significativos de las variables de respuesta de Desperdicio y de Humedad de la línea de producción Bühler 600. Dichos factores e interacciones dan la pauta para determinar a través de la herramienta estadística de regresión lineal, los modelos que mejor se adapten y predigan el comportamiento de la variable de respuesta.

Para el Modelo Reducido del Desperdicio, se puede concluir que la interacción es significativa para la producción del desperdicio de tela de pasta laminada en los cilindros lisos. Una vez realizada la tabla de ANOVA del Modelo Reducido del Desperdicio se puede concluir que el modelo es significativo, con lo que se puede validar la regresión lineal obtenida. De la misma forma, el modelo tiene un estadístico R^2 Predictivo del 71,85%, lo que indica que se esperaría que el Modelo Reducido explique gran porcentaje de la variabilidad de los posibles datos nuevos. También, el R^2 ajustado del Modelo Reducido del Desperdicio puede medir un 80% de la proporción de variabilidad total explicada por el modelo. Ambos datos indican que el modelo de regresión lineal puede funcionar con gran eficiencia al medir y predecir a la variable de respuesta.

Mediante el Diseño Experimental de la Humedad se pudo determinar a través de la Tabla de ANOVA que las interacciones significativas fueron la velocidad del túnel y la velocidad de estampado, y el factor independiente espesor de tela de pasta. La velocidad de estampado aunque no es significativa tuvo que ser incluida como factor independiente en el modelo debido a su interacción con la velocidad del túnel. Esta inclusión pudo ser la causante de los pobres valores del estadístico R^2 Predictivo y del R^2 ajustado. Además, ambos valores no están tan cercanos como normalmente se esperaría, lo que puede indicar que pueda ocurrir un gran efecto de bloqueo o un posible problema con el modelo. Aun así, el Modelo Reducido de la Humedad presentó una desviación estándar mínima en relación al Modelo Reducido del Desperdicio.

5. Propuesta del Plan de Mejora.

5.1.- Descripción del Plan de Mejora:

Terminado el análisis de los datos a través de la tabla ANOVA y del modelo de regresión lineal, se procede a buscar la combinación de los niveles de los factores significantes, que permitan reducir el desperdicio y mantener la humedad dentro de los parámetros requeridos, tanto por la empresa como por la Norma INEN 1375 respectivamente.

Para la realización del plan de mejora, se utilizará las ecuaciones de los modelos reducidos del desperdicio y del porcentaje de humedad, en dichas ecuaciones se procederá a cambiar los valores de x, por los valores de calibración con los que la empresa desea trabajar en la máquina, para de esta manera determinar los resultados.

A continuación se detallan los niveles con los que la empresa desea trabajar, para cada uno de los factores:

- Velocidad del túnel de Secado: 250 rpm. Se ha escogido la mayor velocidad, debido a que con esto la empresa pretende aumentar la capacidad de producción, generar más producto para cumplir de una manera más rápida los pedidos y así poder aumentar las ventas.
- Espesor de Tela: 0,5 cm y 0,55 cm. Estos valores de espesores se han elegido tomando en cuenta la especificaciones de la máquina y los datos históricos de la producción, lo cuales han generado excelente resultados.
- Velocidad de Estampado: 185 rpm. De la misma manera que la velocidad del túnel, se ha escogido la mayor velocidad, para aumentar la producción, generar más producto, cumplir con mayor rapidez los pedidos y aumentar las ventas.
- Humedad: 12% y 13%. Valores escogidos para estar dentro del rango aceptado por la Norma INEN 1375.

5.2.- Desarrollo del Plan de Mejora:

5.2.1.- Plan de Mejora del Desperdicio (Kg):

Determinados los valores de los niveles, se procede a calcular el desperdicio utilizando el modelo matemático de regresión lineal de la siguiente manera:

$$y = -346,2681 + 670,6125x_2 + 1,977374x_3 - 3,797499x_2x_3 + \varepsilon$$

Ecuación 11. Regresión Lineal para el Desperdicio (Kg)

Calculo de los Desperdicios con el Modelo de Regresion Lineal			
Velocidad del Tunel	Espesor Tela	Velocidad de Estampado	Desperdicio
250	0,5000	185	3,5837
250	0,5500	185	1,9874
250	0,5439	185	2,1822
250	0,5123	185	3,1915
250	0,5014	185	3,5398
250	0,5322	185	2,5568
250	0,5135	185	3,1530
250	0,5020	185	3,5189
250	0,5290	185	2,6585
250	0,5100	185	3,2648
250	0,5265	185	2,7369
250	0,5084	185	3,3166
250	0,5190	185	2,9758
250	0,5313	185	2,5836
250	0,5169	185	3,0437
250	0,5197	185	2,9538
250	0,5363	185	2,4247
250	0,5406	185	2,2879
250	0,5094	185	3,2849
250	0,5266	185	2,7345
250	0,5172	185	3,0343
250	0,5398	185	2,3136
250	0,5042	185	3,4507
250	0,5372	185	2,3950
250	0,5255	185	2,7696
250	0,5439	185	2,1820
250	0,5110	185	3,2335
250	0,5224	185	2,8673
250	0,5246	185	2,7971
250	0,5303	185	2,6175
250	0,5487	185	2,0296
250	0,5253	185	2,7765

Tabla 22. Calculo de Desperdicios con Modelo de Regresión Lineal. (Valores Óptimos por la Empresa)

Una vez analizados los valores de desperdicio, se puede concluir que el menor desperdicio se obtiene con la siguiente combinación:

$$y = -346,2681 + 670,6125(0,55) + 1,977374(185) - 3,797499(0,55)(185)$$

Ecuación 12. Regresión Lineal con los Valores Óptimos por la Empresa

Donde el desperdicio es igual a:

$$y = 1,9874 \text{ kilogramos}$$

Ecuación 13. Resultado de Desperdicio. Con Valores Óptimos por la Empresa

Por lo tanto se puede concluir, que la empresa Fideos PACA, si desea obtener una reducción considerable del desperdicio, debe ajustar el espesor de tela a 0,55 cm, y seguir trabajando con 185 rpm para la velocidad de estampado, para que de ésta manera se pueda obtener el menor desperdicio durante su proceso productivo.

5.2.2.- Plan de Mejora de la Humedad (%):

Determinados los valores de los niveles, se procede a calcular el porcentaje de humedad utilizando el modelo matemático reducido de regresión lineal de la siguiente manera:

$$y = 392,77 - 1,55x_1 + 2,2x_2 - 2,0675x_3 + 0,0084x_1x_3 + \varepsilon$$

Ecuación 14. Regresión Lineal para la Humedad (%)

Calculo de la Humedad con el Modelo de Regresion Lineal				
Velocidad del Tunel	Espesor Tela	Velocidad de Estampado	Desperdicio	Humedad
250	0,5000	185	3,1906	12,38
250	0,5500	185	1,9874	12,49
250	0,5439	185	3,0999	12,48
250	0,5123	185	3,0999	12,41
250	0,5014	185	2,1822	12,39
250	0,5322	185	3,1915	12,45
250	0,5135	185	3,5398	12,41
250	0,5020	185	2,5568	12,39
250	0,5290	185	3,1530	12,45
250	0,5100	185	3,5189	12,40
250	0,5265	185	2,6585	12,44
250	0,5084	185	3,2648	12,40
250	0,5190	185	2,7369	12,42
250	0,5313	185	3,3166	12,45
250	0,5169	185	2,9758	12,42
250	0,5197	185	2,5836	12,43
250	0,5363	185	3,0437	12,46
250	0,5406	185	2,9538	12,47
250	0,5094	185	2,4247	12,40
250	0,5266	185	2,2879	12,44
250	0,5172	185	3,2849	12,42
250	0,5398	185	2,7345	12,47
250	0,5042	185	3,0343	12,39
250	0,5372	185	2,3136	12,46
250	0,5255	185	3,4507	12,44
250	0,5439	185	2,3950	12,48
250	0,5110	185	2,7696	12,41
250	0,5224	185	2,1820	12,43
250	0,5246	185	3,2335	12,44
250	0,5303	185	2,8673	12,45
250	0,5487	185	2,7971	12,49
250	0,5253	185	2,6175	12,44

Tabla 23. Calculo del Porcentaje de Humedad con Modelo de Regresión Lineal. (Valores Óptimos por la Empresa)

Los valores constantes utilizados para maximizar la producción usados en el presente estudio fueron la velocidad del túnel a 250 rpm y la velocidad de estampado a 185 rpm, y así de esta forma se procedió a determinar los valores del porcentaje de humedad. Como se pudo apreciar en la tabla anterior, todos los valores del porcentaje de humedad se encontraban dentro de los límites de tolerancia propuestos por la Norma INEN 1375. Una vez determinados los valores de humedad, se puede proceder a elegir los parámetros de espesor de tela que menor desperdicio produzca, ya que en este caso el porcentaje de humedad no es un limitante porque en todos los casos los porcentajes se encuentran dentro de los límites de tolerancia aceptables.

De esta manera tenemos:

Velocidad del Túnel	Espesor Tela	Velocidad de Estampado	Desperdicio	Humedad
250	0,5500	185	1,9874	12,49

Con este resultado el modelo de regresión lineal queda de la siguiente manera:

$$y = 392,77 - 1,55(250) + 2,2(0,55) - 2,0675(185) + 0,0084(250)(185)$$

Ecuación 15. Regresión Lineal con los Valores Óptimos por la Empresa

Donde el porcentaje de Humedad es igual a:

$$y = 12,49 \%$$

Ecuación 16. Resultado de Porcentaje de Humedad. Con Valores Óptimos por la Empresa

Por lo tanto se puede concluir, que la empresa Fideos PACA, sí puede cumplir con los requerimientos de la Norma INEN 1375 con respecto al porcentaje de humedad (12% - 13%), y a su vez, puede reducir significativamente el porcentaje de humedad en un 33,24%, con una variabilidad de predicción de los datos del 14,67%, si es que el modelo reducido en efecto se adapta al comportamiento real de la línea de producción Bühler 600. Para que

pueda existir dicho porcentaje de reducción de desperdicio, es necesario que la línea de producción trabaje bajo los parámetros definidos a continuación:

- Velocidad del túnel de Secado: 250 rpm.
- Espesor de Tela: 0,55 cm.
- Velocidad de Estampado: 185 rpm.
- Humedad: 12,49 %.

Esto puede ser demostrado con los siguientes gráficos:

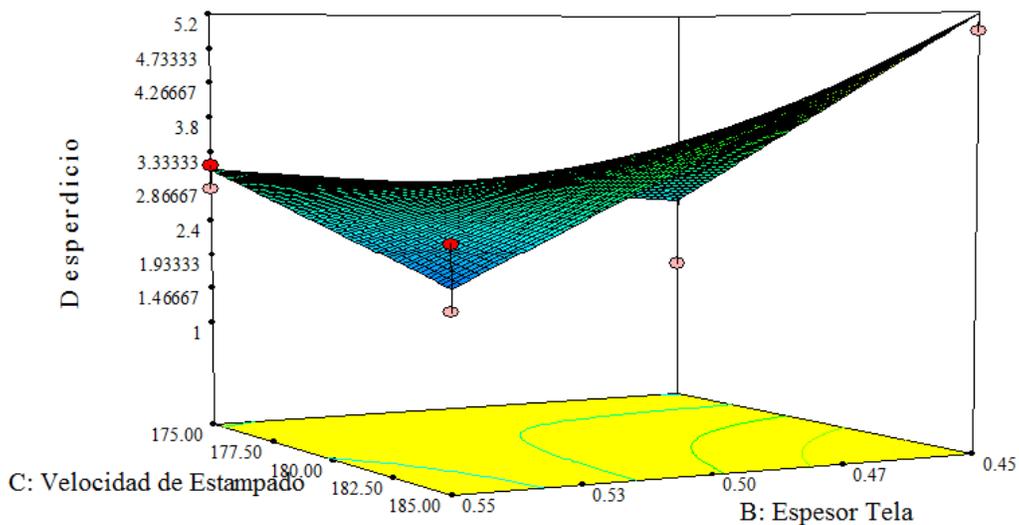


Ilustración 22. Gráfico 3D de la superficie de la Interacción de los Factores. Desperdicio

Este gráfico demuestra que, si la empresa Fideos PACA quiere reducir su desperdicio considerablemente, debe calibrar sus máquinas con los valores anteriormente mencionados, para los factores influyentes dentro de la producción.

Asimismo, con dichos valores, se obtiene un cumplimiento por parte de la empresa con los valores de humedad, que especifica la Norma INEN 1375 (Ver Anexo 4). Como se puede ver en la Ilustración 23, con dichos valores de calibración la humedad se mantiene por encima del 12%, y nunca llega al tope 13%, concluyendo así que los valores de calibración son los correctos, para el cumplimiento del rango de humedad.

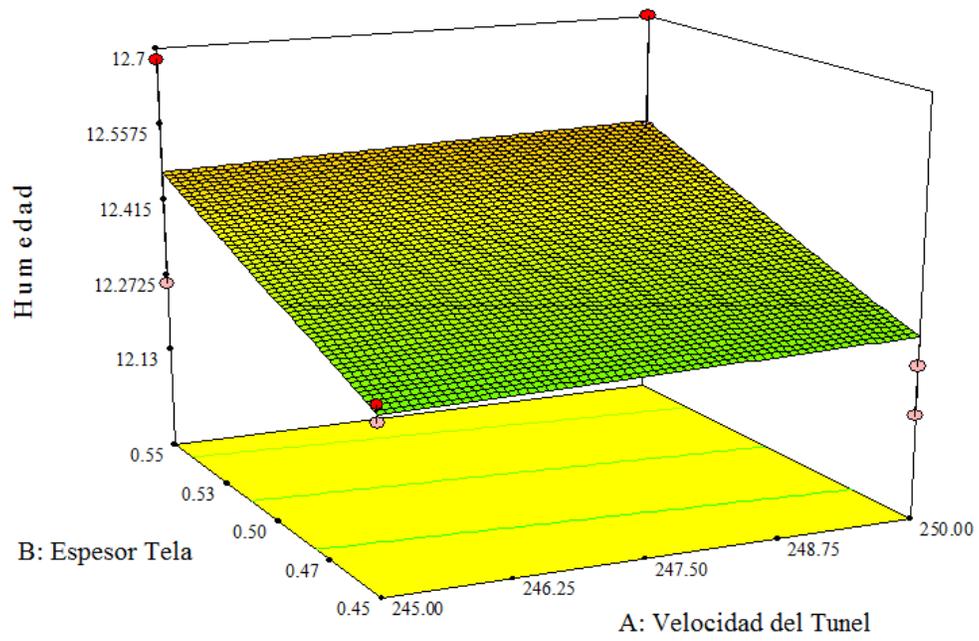


Ilustración 23. Gráfico 3D de la superficie de la Interacción de Factores. Humedad.

5.3.- Conclusiones:

A través de la realización del plan de mejora se pudo determinar los niveles a los cuales, la empresa Fideos PACA debe calibrar sus máquinas si desea reducir el desperdicio y mantener la humedad dentro de los rangos establecidos por la Norma INEN, estos niveles de calibración son:

- Velocidad del túnel de Secado: 250 rpm.
- Espesor de Tela: 0,55 cm.
- Velocidad de Estampado: 185 rpm.

Al utilizar estos valores el desperdicio es de 1,9874 kilogramos y la humedad se encuentra en 12,49 %, cumpliendo con ambos objetivos que necesita la empresa para mejorar la calidad dentro de la Línea de Producción Bühler 600.

Si comparamos el valor promedio del desperdicio 3,162 kilogramos (valor tomado durante la realización del control estadístico de procesos, ver sección 3.2.1), con el valor teórico obtenido durante la regresión lineal 1,9874 kilogramos, podemos obtener el porcentaje de reducción del desperdicio, de la siguiente manera:

$$\%_{\text{reducción}} = 100 - \left(\left(\frac{1,9874}{3,16} \right) * 100 \right)$$

$$\%_{\text{reducción}} = 37,10$$

Esto nos indica que el desperdicio se ha reducido en un 37,10%, desde un valor inicial de 3,162 kilogramos, a un valor final de 1,9874 kilogramos. De esta manera, la empresa estaría cumpliendo con el objetivo de mejorar la calidad de la pasta a través de la reducción del desperdicio.

6. Evaluación de los Resultados a través de una prueba Plan Piloto.

La demostración o la validación de los resultados obtenidos durante el plan de mejora, es de suma importancia dentro del proyecto y para la empresa. Por esta razón, se ha decidido realizar un plan piloto, con los resultados obtenidos para la calibración de la velocidad del túnel, espesor de tela y velocidad de estampado; esto permitirá validar los resultados teóricos obtenidos en la capítulo 5 dentro del plan de mejora.

Para la realización de este plan piloto, se calibrará las máquinas con los valores anteriormente mencionados en el plan de mejora. Para que los datos sean significativos se mantuvo estas calibraciones durante 40 horas de producción de fideo fantasía en la semana del 10 al 15 de noviembre del 2008. Durante estas horas de producción se monitoreo el proceso, y se tomó los datos durante cada hora tanto de los desperdicios como de la humedad, para de esta manera determinar la efectividad de los resultados obtenidos teóricamente durante el plan de mejora.

Una vez determinado el procedimiento para el plan piloto, se procedió a tomar los datos (Ver Anexo 18). Con datos obtenidos, se procedió a obtener los promedios de los datos, los cuales fueron:

- Promedio de Desperdicio (Kg) = 1,971
- Promedio de Humedad (%) = 12, 419

Al realizar un análisis de los promedios con los datos teóricos, se puede ver que los objetivos de reducción de desperdicio y cumplimiento del porcentaje de humedad fueron cumplidos. El porcentaje de humedad real fue menor que el teórico, lo que afortunadamente es más conveniente ya que el promedio de humedad de 12,419% se encuentra muy cercano al valor nominal medio de 12.5%, mientras que el teórico se encuentra muy cercano al límite de tolerancia superior con 12.9%. Asimismo, el promedio del desperdicio real es menor al del teórico, lo que en este caso es insignificante ya que la diferencia entre ambos es de 0,0164 kg.

Con esto se puede concluir, que las calibraciones de las máquinas son las correctas, y son las que la empresa Fideos PACA, debería utilizar desde ahora en adelante para obtener mejores resultados en la calidad de la pasta y rendimiento de la línea de producción Bühler 600.

7. Conclusiones

En conclusión, a través de las diferentes herramientas estadísticas en el presente estudio, se pudo identificar las variables con mayor frecuencia de inconformidades de la Línea de Producción Bühler 600 de fideo laminado formato Fantasía las cuales fueron desperdicio, porcentaje de humedad del producto terminado y espesor de la tela de pasta; dichas variables son el 86,2% del total de inconformidades analizadas.

Una vez encontradas las variables principales, mediante el Control Estadístico de Procesos (CEP) se procedió a realizar un plan de muestreo para recolectar los respectivos datos y así determinar el comportamiento natural del proceso. Para el desperdicio se determinó que el proceso no se encontraba bajo control estadístico debido a una mala calibración de los cilindros lisos, por lo que se procedió a estabilizarlo y se obtuvo que la media natural del proceso, sea de 2,977 kg de desperdicio de tela de pasta. Cabe recalcar que esta media del desperdicio, es tomada en 1 hora de trabajo y que no existe un límite superior definido por la empresa, por lo que el objetivo es reducir al máximo dicha media.

De la misma forma, también se determinó que el porcentaje de humedad de tela de pasta tampoco se encontraba bajo control estadístico debido a causas asignables como problemas en el pre secado y en el roto-flow, por lo que se eliminaron dichas muestras y se procedió a estabilizar el proceso. Una vez estabilizado el proceso se determinó que la media natural del proceso es de 12,034% y que sus límites naturales de variabilidad son de 11,45% y 12,619%. Esta información fue muy perturbadora y a la vez de suma importancia ya que por lo visto la empresa no está cumpliendo con los parámetros impuestos por la NORMA INEN 1375, la cual dice que los parámetros aceptados para la venta de fideo en el mercado ecuatoriano son entre el 12% y 13% de humedad del producto terminado. Para comprobar esto se determinó el ratio de la capacidad del proceso, el cual es 0,646, lo que significa que los límites de tolerancia natural del proceso no se encuentran dentro de las especificaciones de los límites superiores e inferiores. En otras palabras, el proceso utiliza más del 100% de la banda de tolerancia lo que repercute en un gran número de productos no conformes.

Igualmente, el proceso de producción de espesor de tela de pasta no se encontraba bajo control estadístico por lo que se procedió a estabilizarlo eliminando los puntos dados por causas asignables y se determinó que la media natural del proceso es de 0,4844 cm con un límite superior de 0,5292 y uno inferior de 0,4396 cm. Así como el porcentaje de humedad, en el espesor de tela de pasta laminada existen oportunidades de mejora ya que el proceso no cumple con las especificaciones técnicas de tolerancia de la empresa Fideos PACA las cuales son 0,45 cm y 0,55 cm.

Para determinar cuáles fueron los factores e interacciones significativas que afectan a la variable de respuesta de desperdicio y de porcentaje de humedad, se procedió a realizar un Diseño Experimental de tipo Factorial de 2^3 con 5 puntos centrales y una réplica. El resultado de dicho experimento es la Tabla de Análisis de Varianza, TABLA ANOVA, por la cual se determinó que los factores significativos del desperdicio son la velocidad de estampado, el espesor de la tela de pasta y su respectiva interacción. De igual manera, mediante un análisis de regresión lineal se pudo obtener la ecuación lineal del modelo reducido (ecuación 6) de desperdicio cuya función es la representación del comportamiento del proceso en el tiempo. Con dicha ecuación se pudo determinar que se puede minimizar el desperdicio de 3,162 kg a 1,9874 kg por cada hora de trabajo, con un espesor de tela de 0.55 cm y velocidad de estampado de 185 rpm.

Para el porcentaje de humedad, los factores significativos son la velocidad del túnel de secado, el espesor de la tela de pasta y la interacción entre la velocidad del túnel de secado y la velocidad de estampado. Debido a que en la interacción está incluida la velocidad de estampado, se procede a incluir dicho factor en el estudio. Asimismo, se procedió a determinar su respectiva ecuación de regresión lineal con los factores significativos obteniendo así que trabajando con valores de velocidad de túnel de secado de 250 rpm, espesor de tela de 0,55 cm y velocidad de estampado de 185 rpm se puede obtener un porcentaje de humedad del 12,49% con 1,9874 kg de desperdicio. Con estos valores, en teoría se podría disminuir en un 37,1% el desperdicio de tela de pasta cumpliendo con los límites de tolerancia propuestos por el mercado y la empresa.

Una vez determinados los valores teóricos se procedió a validar dichos datos con los datos reales obtenidos en la prueba piloto. Dichos valores reales fueron sumamente

parecidos ya que se obtuvo el valor medio del porcentaje de humedad del 12,419% con un valor medio de desperdicio de 1,971 kg.

Otro de los datos interesantes que se obtuvo del Análisis de Varianza (ANOVA) es que la curvatura en ambos casos, en el desperdicio y en el porcentaje de humedad, es significativa, lo que implicaría que puede existir una ecuación de segundo orden la cual explicaría mejor la variabilidad de los datos. Sin embargo, al obtener los resultados del Plan Piloto, los datos reales son muy cercanos a los datos predictivos de los modelos reducidos de primer orden, por lo que no existe necesidad de calcular las ecuaciones de segundo orden.

Finalmente, aunque la ambiciosa meta de reducir el desperdicio en un 50% no fue alcanzada, mediante el diseño experimental se puede reducir el desperdicio de tela de pasta laminada en un 37,67%, lo cual es muy significativo en una línea de producción que procesa 700 kg de pasta por hora. Asimismo, se pudo cumplir con los objetivos de mantener al porcentaje de humedad con un valor nominal de 12,419%, y a su vez se puede cumplir con el requisito de las NORMAS INEN 1375. De igual manera, también se pudo cumplir con los rangos de espesor de tela propuesto, manteniendo así un valor medio de espesor de tela de pasta laminada de 0,55 cm.

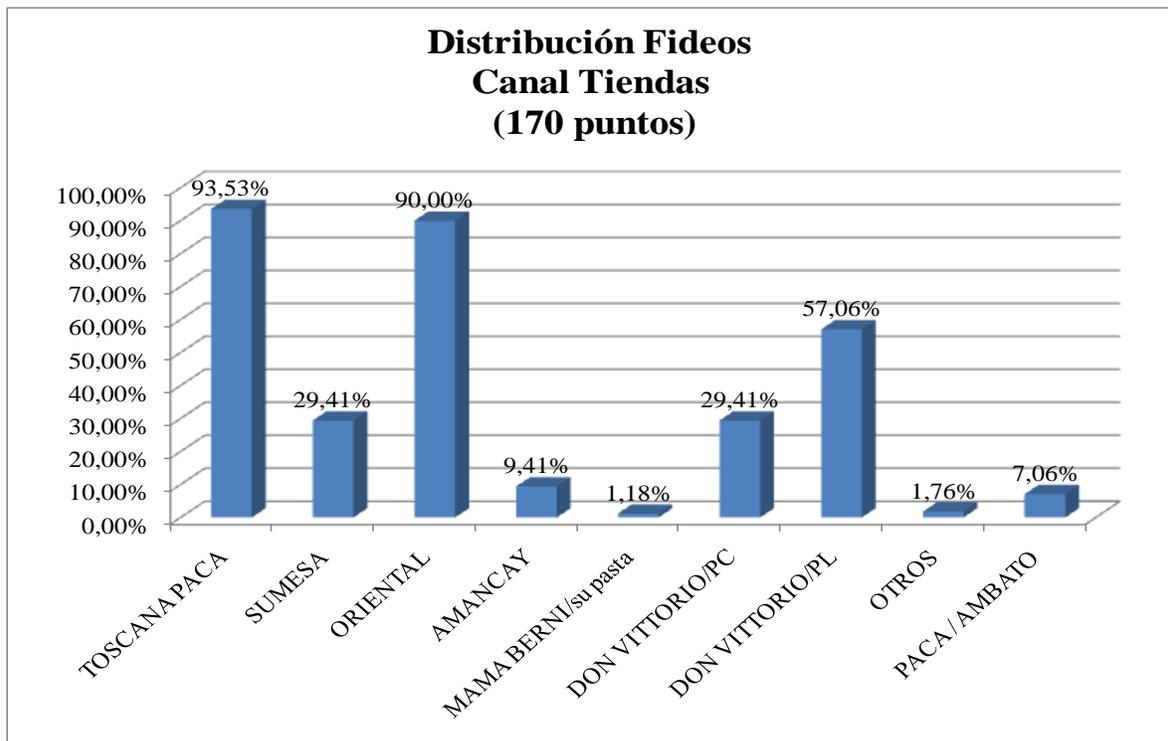
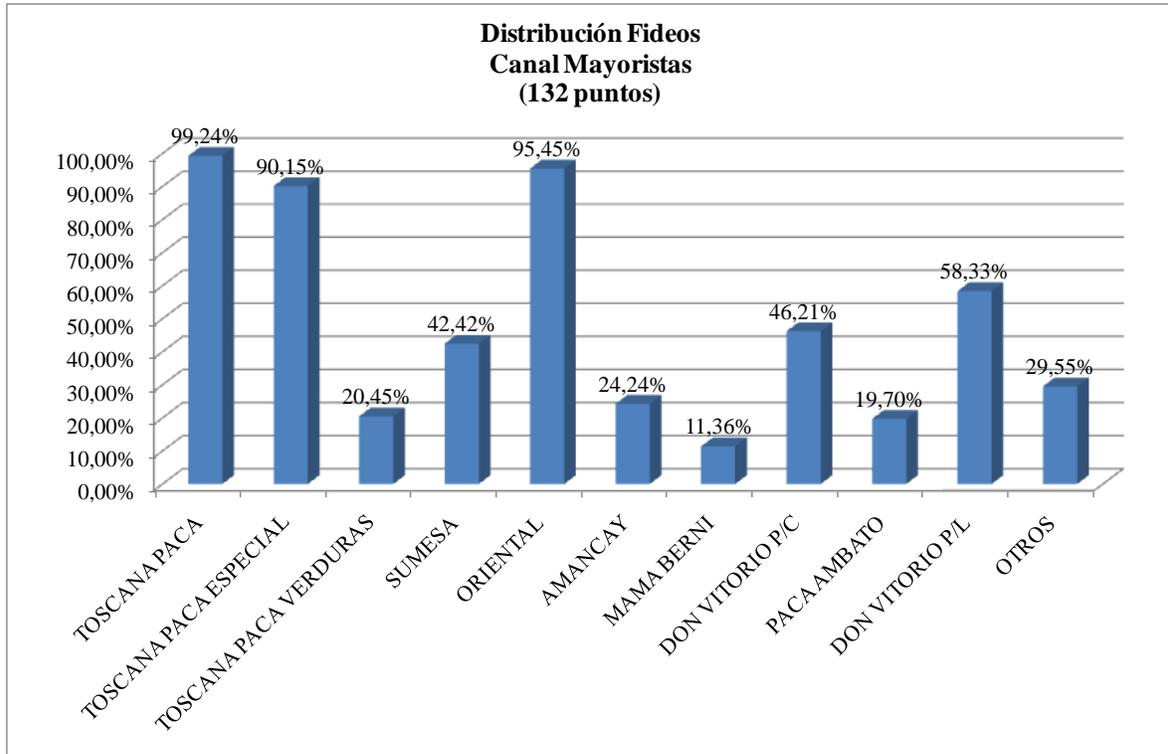
8. Bibliografía

- Ishikawa, Kaoru. Que es Control de Calidad. Ed. Norma. México: 1991.
- Montgomery, Douglas. Design and Anlaysia of Experiments. Ed. Jhon Wiley and Sons. Segunda edición.1984.
- Montgomery, Douglas et all. Probabilidad y Estadística. Ed. Mc Graw Hill. México: 1996.
- Montgomery, Douglas. Statiscal Quality Control. Ed. Jhon Wiley and Sons Inc. Fifth Edition. United States: 2005.
- Kuehl, Robert. Diseño de Experimentos. Segunda edición. Editorial Thompson. México D.F.
- Molinero, Luis. Bondad de Ajuste a una Normal. SEH-LELHA. <http://www.seh-lelha.org/pdf/noparame.pdf>. Julio 2003.

9. Anexos

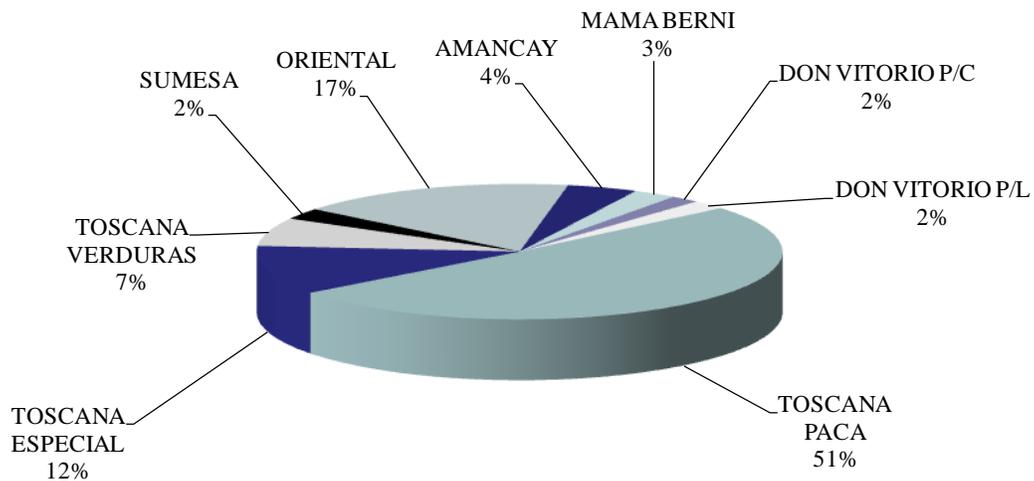
Anexo 1. Reportes Go Muestras de Ventas de Fideos	129
Anexo 2. Reportes Go Muestras de Ventas de Fideos	130
Anexo 3. Entrevista Revista Líderes	131
Anexo 4. Norma INEN 1375.....	132
Anexo 5. Norma INEN 616.....	137
Anexo 6. Especificaciones Técnicas Fideo	143
Anexo 7. Especificaciones Técnicas Harina.....	146
Anexo 8. Datos Históricos Mes de Agosto 2007	149
Anexo 9. Datos Históricos Mes de Septiembre 2007.....	152
Anexo 10. Datos Históricos Mes de Octubre 2007	155
Anexo 11. Datos Históricos Mes de Noviembre 2007	158
Anexo 12. Datos Históricos Mes de Diciembre 2007	161
Anexo 13. Datos Históricos Mes de Enero 2008.....	164
Anexo 14. Datos Tomados del Desperdicio en Kilogramos	167
Anexo 15. Datos Tomados de la Humedad en Porcentajes	168
Anexo 16. Datos Tomados del Espesor de Tela en Centímetros.....	169
Anexo 17. Guías de Laboratorio para Medición de Humedad	170
Anexo 18. Hoja Recolección de Datos Plan Piloto	171

Anexo 1. Reportes Go Muestras de Ventas de Fideos

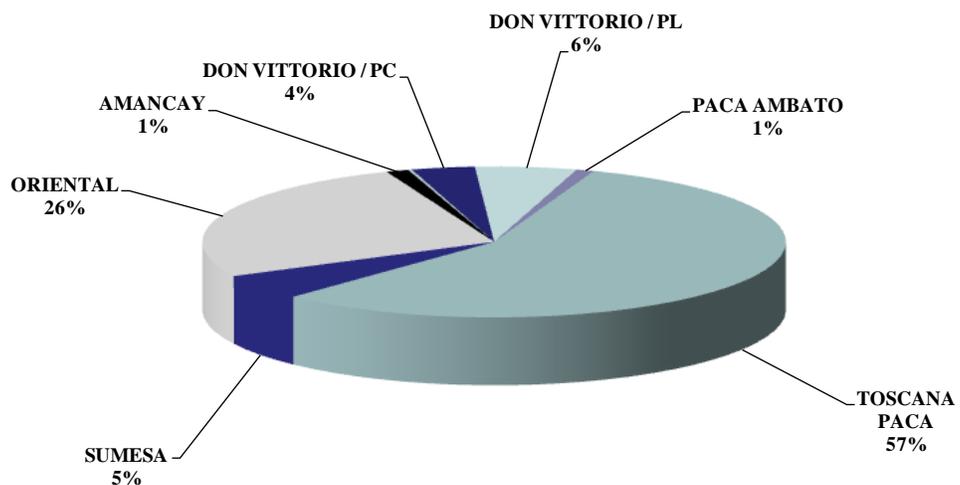


Anexo 2. Reportes Go Muestras de Ventas de Fideos

PARTICIPACION EN KILOS DE FIDEOS CANAL MAYORISTAS (132 Puntos de Venta)



PARTICIPACION EN KILOS FIDEOS CANAL TIENDAS (170 Puntos de Venta)



Anexo 3. Entrevista Revista Líderes

10 LÍDERES LUNES 10 DE MAYO DEL 2004

Empresas

SUCESORES DE J. PAREDES M. En el 2000, en plena crisis económica, invirtió en tecnología. Ahora vende más de 5 millones de dólares al año y exporta a Colombia y EE.UU.

En los distintos niveles de la sofisticada planta ubicada en Quito, casi no aparecen operarios. La tecnología ha hecho que los empleados sean reubicados.

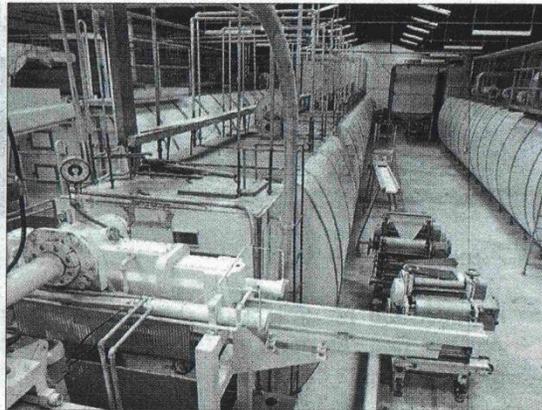


Foto: Cels Piguay / LÍDERES

Jacqueline Martínez pesa los espaguetis antes de ser despachados. Es una de las pocas tareas en la cual se utiliza la destreza humana.

Santiago Ayala / LÍDERES
sayala@lideresonline.com

Una compañía que está en su punto

El ruido en la planta de producción de fideos de la empresa Sucesores de J. Paredes M., en Quito, contrasta con su trabajo silencioso, pero efectivo. Desde 1949, esta firma originaria de Ambato ha crecido paulatinamente hasta copar, según sus estudios, el 25% del mercado nacional y el 85% del queño.

Su razón social, extensa y opacada por el de su producto estrella "Fideos Paca", tiene su justificación en el reconocimiento al trabajo que inició el ambateño Jacobo Paredes, quien junto a sus tres hijos y un capital de 400 000 sucres inició la aventura con Pastificio Ambato.

Apreciada y cotizada en el mercado "guaytambo", los fideos de la nueva compañía empezaron a ser demandados en otras ciudades, especialmente Quito. Jacobo Paredes, aprovechando que su nieto, Rodrigo Sánchez, se desplazó a la capital para continuar con sus estu-

dios superiores en Economía, en la Universidad Central, le propuso que se encargara de la distribución de los fideos. "Acepté y comenzamos a abrir el mercado. Al principio fue duro. Cuando egresé de la facultad, me fui a Chile a realizar un curso de especialización. Retorné en 1961. Hasta 1968 trabajé en la planta de Ambato y ese año decidí volver a Quito".

Fue el momento clave para la empresa. Sus volúmenes de ventas habían aumentado y surgía la necesidad de otra estrategia. Sánchez planteó abrir una nueva planta en Quito. La propuesta tuvo acogida y se la constituyó bajo el nombre de Sucesores de J. Paredes M. Cía. Ltda. (hoy Compañía Anónima).

El reto se inició con problemas de liquidez. Los 800 000 sucres de capital inicial se vieron muy mermados con la compra de 17 500 m2 de terreno, a Julio Espinosa Zaldumbi-

de, por 600 000 sucres. "Solo requeríamos de unos 3 000 m2, pero el dueño dijo que todo o nada. Nos arriesgamos y empezamos a producir en 1970 en un pequeño galpón. Con los 200 000 sucres que nos quedaron compramos maquinaria usada en México y paulatinamente hemos crecido hasta tener una industria integrada".

Desde ese instante, año a año, la empresa ha ido modernizando sus equipos a tal punto que ni siquiera la crisis del 2000 cambió esa mentalidad. Los directivos de la firma metieron la mano al bolsillo y arriesgándose invirtieron 1 200 000 dólares para cambiar los equipos.

Eduardo Carrera, gerente de Ofisna Cía. Ltda., representante en Ecuador de la marca suiza Buhler, quien provee de tecnología a la empresa nacional, resalta esa continua modernización. "Para mí son líderes en su campo, número 1 en

calidad, eficiencia y organización".

La decisión de invertir ese magro año, sin embargo, contribuyó al repunte posterior, reflejado en ventas que superan los 5 millones de dólares anuales y en exportaciones que cubren los mercados de Colombia y EE.UU. Además, la estrategia agresiva de comercialización de sus 40 productos la ha posicionado.

La estrategia que le ha dado resultados ha sido no solo vender sus marcas propias "Paca", "Bologna" o "Pasticor", sino producir bajo otros nombres. Así, se envían los fideos a Estados Unidos bajo las marcas "La Cholita", "El Triunfo" y también "Paca"; y a Colombia, con los nombres "Nuria" y "Pastamanía".

En Ecuador, en cambio, produce para la marca Supermaxi y Aki, lo que le ha dado excelentes resultados para sus niveles de venta. Andy Wright, gerente comercial de Supermercados La Favorita reconoce que el "trabajo con Paca les ha dado buenos resultados ya que se tratan de fideos de alta calidad".

EL SIGUIENTE PASO SERÁ AUMENTAR LA OFERTA

El 2003, la firma vendió a Colombia 827 290 kg y a EE.UU. 57 600 kg. Este año proyecta exportar 2 480 000 kg y 173 000 kg respectivamente.

Las cifras de la empresa



'Quien no invierte en tecnología seguro fracasa'



RODRIGO SÁNCHEZ
Gerente General de Sucesores de J. Paredes M.

Si tenemos que definir en cual estrategia se sostiene nuestro éxito, sin duda, diríamos que, en apostar constante por la mejora de la tecnología. Los empresarios deben hacer eso. Una compañía que es indiferente a los avances tecnológicos está destinada a fracasar pronto.

Pero no solo esa es nuestra fortaleza. También estamos obsesionados en dar a nuestros clientes el mejor producto a precios razonables. A eso hay que sumarle que contamos con una red de servicio eficiente. Tenemos aproximadamente 13 000 clientes en el país a quienes les damos atención personalizada y para cuidar que nada les

falte monitoreamos el mercado a través de estudios periódicamente.

Otra de nuestras fortalezas es el conocimiento que tienen nuestros clientes sobre la calidad de nuestros productos. Estamos en el mercado 50 años en el mercado, tenemos la norma técnica del Inen y nos preocupamos por la higiene y el aseó. Además, estamos asistidos por la auditora española llamada Astis.

Por último, siempre tratamos de aumentar nuestra oferta de productos. Y no solo eso, sino que sean productos con valor agregado como el macarrón. Próximamente sacaremos lasaña y fideo de colores con salsa de espinaca o de tomate.

Anexo 4. Norma INEN 1375**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**NTE INEN 1 375:2000**
Primera revisión

PASTAS ALIMENTICIAS O FIDEOS. REQUISITOS.**Primera Edición**

NOODLE PRODUCTS. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Pastas alimenticias, producto cereal

AL: 02.02-402

CDU: 666.69

CIU:

ICS: 67.060.00

□ Click to drag or to position a table with a border of 1 pt.

4.2 Por su forma

4.2.1 *Pastas alimenticias largas o fideos largos.* Tallarines, espaguetti, fettuccini, y otros.

4.2.2 *Pastas alimenticias cortas o fideos cortos.* Su nombre deriva, generalmente, de la figura formada y que tienen una longitud menor a 6 cm; lazos, codito, caracoles, conchitas, tornillo, macarrón, letras, números, animalitos y otros.

4.2.3 *Pastas alimenticias enroscadas o fideos enroscados.* Son las pastas alimenticias o fideos largos que tienen forma de rosca, nido, madeja o espiral.

4.3 Por su composición

4.3.1 *Pastas alimenticias con huevo o fideos con huevo o al huevo.* Son las pastas a las cuales, durante el proceso, se les incorpora como mínimo, dos huevos frescos, enteros o su equivalente en huevo congelado, deshidratado, por cada kilogramo de harina, debiendo tener un contenido de por lo menos 350 mg/kg de colesterol, calculado sobre sustancia seca, en la pasta.

4.3.2 *Pastas alimenticias con vegetales o fideos con vegetales.* Son las pastas alimenticias a las cuales durante el proceso se les agrega vegetales frescos, deshidratados o congelados o en conserva, jugos y extractos como: zanahorias, remolachas, espinacas, tomates, pimientos o cualquier otro vegetal aprobado por la autoridad sanitaria competente.

4.3.3 *Pastas alimenticias de sémola de trigo durum, o fideos de sémola de trigo durum.* Son las pastas alimenticias elaboradas exclusivamente con sémola de trigo durum.

4.3.4 *Pastas alimenticias de sémola o fideos de sémola.* Son las pastas alimenticias elaboradas exclusivamente con sémola.

4.3.5 *Pastas alimenticias de sémola de trigo durum y sémola o fideos de sémola de trigo durum y sémola.* Son las pastas alimenticias elaboradas con la mezcla de sémola de trigo durum y sémola.

4.3.6 *Pastas alimenticias de harina de trigo o fideos de harina de trigo.* Son las pastas alimenticias elaboradas exclusivamente con harina de trigo enriquecida con vitaminas y minerales.

4.3.7 *Pastas alimenticias de mezclas o fideos de mezclas.* Son las pastas alimenticias elaboradas con mezclas de harina con sémola o semolina de trigo, agua potable, con la adición de otras sustancias de uso permitido.

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 El producto debe elaborarse en condiciones apropiadas, cumpliendo con las normas sanitarias vigentes.

5.2 El color debe ser el natural procedente de los macro y micro ingredientes utilizados como materia prima.

5.3 Se permite la adición de B-caroteno como coadyuvante de elaboración.

5.4 Las pastas alimenticias con vegetales agregados demostrarán, al examen microscópico de la pasta cocida, una distribución homogénea del vegetal añadido y la estructura histológica del mismo.

5.5 El contenido de sólidos totales o extracto seco proveniente de los vegetales será mínimo 3 %.

5.6 Se permite la adición de fosfato disódico en una dosis mínima de 0,5 % y máxima de 1,0 % en peso de harina.

5.7 Las pastas frescas deben mantenerse en refrigeración y consumirse dentro de las 48 horas siguientes a su elaboración.

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos específicos

6.1.1 Las pastas alimenticias deben elaborarse con harinas u otros derivados del trigo que cumplan con lo especificado en la NTE INEN 616.

6.1.2 Las pastas alimenticias ensayadas de acuerdo a las normas ecuatorianas correspondientes, deben cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 1.

TABLA 1. Requisitos para las Pastas Alimenticias

Requisito	Min	Máx	Método de ensayo
Humedad, pastas frescas, %	--	28,0	NTE INEN 518
Humedad, pastas secas, %	12,0	13,0	NTE INEN 518
Cenizas, sobre sustancias seca %			NTE INEN 520
100% sémola de trigo durum	1,00	1,20	
100% sémola de trigo	--	0,55	
Mezcla con mínimo 50% de sémola de trigo	--	0,90	
100% harina de trigo	--	0,85	
Al huevo	--	1,20	
Con vegetales	--	1,50	
Con harina integral de trigo	--	2,00	
Con gluten, soya y otras fuentes proteicas	--	1,10	
Rellena	--	2,60	
Proteína, sobre sustancia seca, %			NTE INEN 519
100% sémola de trigo durum	12,0	--	
100% sémola de trigo	10,5	--	
Mezcla con mínimo 50 % de sémola de trigo	10,7	--	
100% harina de trigo	10,5	--	
Al huevo	12,5	--	
Con vegetales	10,0	--	
Con harina integral de trigo	10,5	--	
Con gluten, soya y otras fuentes proteicas	18,0	--	
Rellena	12,0	--	
Acidez, como ácido láctico, %	--	0,45	NTE INEN 521
Colesterol*, sobre sustancia seca, mg/kg	350	--	
* solamente para pasta con huevo			

6.2 Requisitos microbiológicos

6.2.1 Las pastas alimenticias o fideos secos deben cumplir con los requisitos microbiológicos indicados en la tabla 2.

TABLA 2 Requisitos microbiológicos para las Pastas alimenticias o fideos secos

Microorganismo	n	c	m	M	Método de ensayo
Aerobios mesófilos ufc/g	3	1	$1,0 \times 10^5$	$3,0 \times 10^5$	NTE INEN 1529-5
NMP de coliformes /g	3	1	25	$1,0 \times 10^2$	NTE INEN 1529-6
NMP de coliformes fecales / g	3	0	< 3	-	NTE INEN 1529-8
Recuento de Staphylococcus aureus coagulasa positiva/g	3	0	ausencia	ausencia	NTE INEN 1529-14
Recuento de Mohos y levaduras/g	3	1	$3,0 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$	NTE INEN 1529-10
Detección de salmonella/ 25 g	3	0	0	-	NTE INEN 1529-15

En donde:

- n número de muestras del lote que deben analizarse
- c número de muestras defectuosas que se acepta
- m límite de aceptación
- M límite de rechazo

6.3 Requisitos complementarios

6.3.1 *Empaque.* El producto debe empacarse en recipientes de material aprobado por la autoridad sanitaria competente que asegure su buena conservación e higiene durante su almacenamiento, transporte y expendio.

6.3.2 *Almacenamiento y transporte.* El producto debe almacenarse en lugares secos, bien ventilados y sobre paletas que garanticen una buena circulación de aire. Estas mismas condiciones deben cumplirse durante el transporte.

6.3.3 Durante el almacenamiento y transporte las pastas frescas deben mantener su cadena de frío.

7. INSPECCIÓN Y MUESTREO

7.1 **Toma de muestras.** El muestreo se realizará de acuerdo con la NTE INEN 255, usando un plan de muestreo simple, inspección normal y AQL = 6,5

7.2 **Aceptación o rechazo.** Se acepta o se rechaza el lote siguiendo los criterios dados por el plan de muestreo.

NOTA : Los requisitos se verificarán con los métodos de ensayo de las Normas Técnicas Ecuatorianas, en caso de que estas no existan se utilizará los métodos de la AOAC en su última edición.

Anexo 5. Norma INEN 616**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**NTE INEN 616:2006**
Tercera revisión

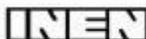
HARINA DE TRIGO. REQUISITOS.**Primera Edición**

WHEAT FLOUR. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Trigo, harina, productos de molinería.
AL: 02.02-401
CDU: 664.633.11
CIIU: 3116
ICS: 67.060

CDU: 664.633.11
ICS: 67.060



CIU: 3116
AL 02.02-401

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	HARINA DE TRIGO. REQUISITOS.	NTE INEN 616:2006 Tercera revisión 2006-01
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las harinas de trigo para consumo humano.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a la harina de trigo fortificada o enriquecida que se destina al consumo directo y al uso industrial, principalmente para la elaboración de pan, pastas, fideos y galletas.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Harina de trigo. Es el producto que se obtiene de la molienda y tamizado del endospermo del grano de trigo (<i>Triticum vulgare</i>, <i>Triticum durum</i>) hasta un grado de extracción determinado, considerando al restante como un subproducto (residuos de endospermo, germen y salvado).</p> <p>3.2 Grado de extracción. Es el rendimiento, en porcentaje de harina, que se obtiene en kilogramos por cada 100 kg de trigo limpio.</p> <p>3.3 Gluten. Es una sustancia de naturaleza proteica que se forma por hidratación de la harina de trigo y que tiene la característica especial de ligar los demás componentes de la harina.</p> <p>3.4 Leudante. Es toda sustancia química u organismo que en presencia de agua, con o sin acción del calor, provoca la producción de anhídrido carbónico.</p> <p>3.5 Harina autoleudante. Es la harina que contiene una cierta cantidad de sustancias leudantes.</p> <p>3.6 Harina fortificada. Es la harina que contiene agregados de vitaminas, sales minerales u otros micronutrientes. El producto que corresponde a esta definición debe contener todos los elementos de enriquecimiento descritos en la tabla 1.</p> <p style="text-align: center;">4. CLASIFICACIÓN</p> <p>La harina de trigo, de acuerdo a su uso se clasifica en:</p> <p>4.1 Harina panificable</p> <p>4.1.1 Extra. Es la harina elaborada hasta un grado de extracción determinado, que puede ser tratada con blanqueadores y/o mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.</p> <p>4.2 Harina integral. Es la harina obtenida de la molienda de granos limpios de trigo y que contiene todas las partes de éste, que puede ser tratada con mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.</p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: trigo, harina, productos de molinería</p>		

4.3 Harinas especiales. Son harinas con un grado de extracción bajo, como lo permita el proceso de industrialización, cuyo destino es la fabricación de productos de pastificio, galletería y derivados de harinas autoleudantes, que pueden ser tratadas con mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

4.3.1 Harina para pastificio. Es el producto definido en 4.3, elaborado a partir de trigos aptos para estos productos, que puede ser tratada con blanqueadores, mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

4.3.2 Harina para galletas. Es el producto definido en 4.3, elaborado a partir de trigos blandos y suaves o con otros trigos aptos para su elaboración, que puede ser tratada con blanqueadores, mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

4.3.3 Harina autoleudante. Es el producto definido en 4.3, que contiene agentes leudantes y que puede ser tratada con blanqueadores, mejoradores y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

4.4 Harina para todo uso. Es el producto definido en 3.1, proveniente de las variedades de trigo Hard Red Spring o Norther SpringHard Red Winter, homólogos canadienses y trigos de otros orígenes que sean aptos para la fabricación de pan, fideos, galletas, etc. Tratada o no con blanqueadores y/o mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

5. REQUISITOS

5.1 Generales

5.1.1 La harina de trigo debe presentar un color uniforme, variando del blanco al blanco-amarillento, que se determinará de acuerdo a la NTE INEN 528.

5.1.2 La harina de trigo debe tener el olor y sabor característico del grano de trigo molido, sin indicios de rancidez o enmohecimiento.

5.1.3 La harina de trigo presentará ausencia total de otro tipo de harina, tal como se define en 2.1.

5.1.4 No deberá contener insectos vivos ni sus formas intermedias de desarrollo.

5.1.5 Debe estar libre de excretas animales.

5.1.6 Cuando la harina de trigo sea sometida a un ensayo normalizado de tamizado, mínimo 95% deberá pasar por un tamiz INEN 210 μm (No. 70).

5.2 Generales de aditivos

5.2.1 Agentes leudantes

5.2.1.1 Las harinas autoleudantes pueden contener agentes leudantes, tales como: bicarbonato de sodio y fosfato monocalcico o pirofosfato ácido de sodio o tartrato ácido de potasio o fosfato ácido de sodio y aluminio.

5.2.1.2 Las harinas autoleudantes pueden contener, a más del agente leudante: grasas, sal, azúcar, emulsificantes, saborizantes, sustancias de enriquecimiento y otros ingredientes autorizados.

5.2.1.3 Bicarbonato de sodio y fosfato monocalcico, leudante artificiales más comunes, pueden usarse combinados hasta un límite máximo de 4,5% (m/m).

5.2.2 Mejoradores y/o blanqueadores

5.2.2.1 Cloro; blanqueador de harina, máximo 100 mg/kg, sólo en harinas destinadas para repostería.

5.2.2.2 Dióxido de cloro; blanqueador y madurador de harina, máximo 30 mg/kg .

5.2.2.3 Peróxido de benzoilo; blanqueador de harina, máximo 30 mg/kg .

5.2.2.4 Ácido ascórbico; mejorador de harina, máximo 200 mg/kg .

5.2.2.5 Azodicarbonamida; mejorador de harina, máximo 45 mg/kg .

5.2.2.6 Bromato de potasio; no se admite su uso en harinas para panificación y su valor determinado según la NTE INEN 525 debe ser "ausencia".

5.2.3 Sustancias de fortificación

5.2.3.1 Todas las harinas de trigo, independientemente de si, son blanqueadas, mejoradas con productos málticos, enzimas diastásicas, leudantes, etc., deberán ser fortificadas con las siguientes sustancias micronutrientes, de acuerdo a lo especificado en la tabla 1.

TABLA 1. Sustancias de fortificación.

SUSTANCIAS	UNIDAD	REQUISITO MÍNIMO
Hierro reducido o micronizado	mg/kg	55,0
Tiamina (vitamina B ₁)	mg/kg	4,0
Riboflavina (vitamina B ₂)	mg/kg	7,0
Ácido fólico	mg/kg	0,6
Niacina	mg/kg	40

5.3 Requisitos físicos y químicos, se indican en la tabla 2.

TABLA 2. Requisitos físicos y químicos de la harina de trigo.

REQUISITOS	Unid.	Harina panificable		Harina Integral		Harinas especiales			Harinas para todo uso		Método de ensayo			
		Extra		Min.	Máx.	Pastificios		Galletas	Autoleud.	Min.		Máx.		
		Min.	Máx.			Min.	Máx.	Min.	Máx.				Min.	Máx.
Humedad	%	-	14,5	-	15	-	14,5	-	14,5	-	14,5	NTE INEN 518		
Proteína (base seca)	%	10	-	11	-	10	-	9	-	9	-	NTE IN EN 519		
Cenizas (base seca)	%	-	0,75	-	2,0	-	0,8	-	0,75	-	3,5	0,85	NTE INEN 520	
Acidez (Exp. en ácido sulfúrico)	%	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	NTE INEN 521		
Gluten húmedo	%	25	-	-	-	23	-	23	-	23	-	25	-	NTE INEN 529

* Para el caso de harina panificables enriquecida extra, el porcentaje de cenizas será máximo de 1,6%.

5.4 Requisitos microbiológicos. La harina de trigo debe cumplir con los requisitos microbiológicos indicados en la tabla 3.

TABLA 3. Requisitos microbiológicos.

Requisitos	Unidad	Límite máximo	Método de ensayo
Aerobios mesófilos	ufc/g	100 000	NTE INEN 1 529-5
Coliformes	ufc/g	100	NTE INEN 1 529-7
E. Coli	ufc/g	0	NTE INEN 1 529-8
Salmonella	ufc/25 g	0	NTE INEN 1 529-15
Mohos y levaduras	ufc/g	500	NTE INEN 1 529-10

5.4.1 Para la aceptación de lotes (o partidas) de harina, se debe cumplir con los requisitos microbiológicos del Anexo A.

6. INSPECCIÓN

6.1 El muestreo debe realizarse de acuerdo a lo establecido en la NTE INEN 617.

6.2 Criterios de aceptación y rechazo

6.2.1 Defectos críticos corresponde al incumplimiento de los requisitos establecidos en 5.4 y Anexo A, con el consiguiente rechazo del lote.

6.2.2 Defectos mayores; corresponde al incumplimiento de alguno de los requisitos establecidos en 5.1, 5.2 y 5.3.

En caso de discrepancia, se repetirán los ensayos sobre las muestras reservadas para el efecto. Si se repite en el análisis un requisito no satisfactorio, la decisión de aceptación o rechazo del lote se tomará en común acuerdo entre el comprador y el vendedor, según el plan de muestreo acordado y a lo estipulado en la NTE INEN 617.

7. REQUISITOS COMPLEMENTARIOS

7.1 La harina de trigo debe almacenarse en sitios que se encuentren ventilados, protegidos de la humedad, infestación y/o contaminantes.

7.2 Envasado. La harina debe envasarse en recipientes limpios, resistentes a la acción del producto, de tal manera que no alteren las cualidades higiénicas, nutritivas y técnicas del producto.

7.3 Rotulado. Los envases deben llevar etiquetas de material que pueda ser cocido o de fácil adherencia a los mismos. Cada etiqueta llevará impresa, con características legibles e indelebles, la siguiente información:

- a) número de Registro Sanitario,
- b) número de identificación del lote,
- c) designación del producto, ejemplo: "Harina de trigo panificable extra fortificada",
- d) marca comercial registrada,

NTE INEN 616

2006-01

- e) razón social del fabricante,
- f) ingredientes, se mencionarán por sus nombres específicos, ejemplo: trigo, hierro, tiamina (Vitamina B1), riboflavina (Vitamina B2), ácido fólico, niacina, y otros como blanqueadores, mejoradores, etc. en caso de que sean agregados, en orden decreciente de sus masas. Para envases pequeños de plástico o papel, deberá registrarse la fórmula cuantitativa de sus componentes.
- g) contenido neto expresado en unidades del SI,
- h) fecha de elaboración,
- i) fecha de caducidad o duración mínima,
- j) instrucciones para su conservación,
- k) norma NTE INEN de referencia,
- l) lugar de origen (ciudad, país), y
- m) en caso de exportación, podrá agregarse cualquier información adicional que el país de destino así lo exija.

Anexo 6. Especificaciones Técnicas Fideo

FIDEO

REQUISITOS NECESARIOS DE LOS BIENES Y LAS CONDICIONES COMPLEMENTARIAS	
PLAZO DE ENTREGA EN ALMACENES: 30 días a partir de la firma del contrato	
A) REQUISITOS DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
1.CANTIDAD:	LOTE N° 1 2.014 qq. LOTE N° 3 707 qq. LOTE N° 4 1.137 qq. LOTE N° 5 388 qq. LOTE N° 6 234 qq.
2 UNIDAD:	Envases de 23 Kg (4 Diferentes Variedades) Error en peso, no menor a lo indicado)
3 INDUSTRIA:	Nacional
4 CALIDAD:	Pasta Alimenticia Seca.
5 TIPO / CLASE:	De Primera Calidad.
6 REQUISITOS GENERALES	<ul style="list-style-type: none"> - EL producto deberá ser elaborado con materias primas seleccionadas de Primera Calidad, exentas de materias extrañas a su naturaleza y en perfecto estado de conservación. - Las pastas alimenticias o fideos no deben presentar indicios de fermentación. No deben contener materias extrañas a su naturaleza, insectos y/o parásitos. - Las pastas alimenticias o fideos pueden contener uno o más agregados nutritivos, por ejemplo: huevos, vitaminas, minerales y hortalizas. - El tiempo de cocción, estará en un intervalo que será el tiempo de cocción declarado por el fabricante, más o menos un 20 % de tolerancia. - Respaldar con Informe de Ensayo o Laboratorio, efectuado por Institución autorizada o competente.
7. REQUISITOS ORGANOLÉPTICOS	<p>Aspecto: La superficie de los fideos deberá ser homogénea, sin rajaduras, manchas ni deformaciones.</p> <p>Color: Las pastas o fideos deben presentar un color característico uniforme, en dependencia de las materias primas utilizadas y de los colorantes permitidos.</p> <p>Olor y Sabor: El olor y sabor debe ser característico, del producto dependiendo de las materias primas utilizadas y exentas de olores y sabores extraños.</p> <p>Respaldar con Informe de Ensayo o Laboratorio, efectuado por</p>

	Institución autorizada o competente.
8. REQUISITOS QUÍMICOS	Humedad máxima 13%; Cenizas Totales en b.s. máximo 0,9%; Acidez máxima expresada como ácido láctico en b.s. 045%; Reacción de Eber debe ser negativa; Colesterol, mínimo en pastas al huevo (mg/kg) 450; Colesterol, mínimo en pastas con huevo (mg/kg) 150; Proteína, mínima en b.s. 11%.
9. REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS.	LIMITE MÁXIMO ACEPTABLE Aerobios mesofilos 7×10^4 UFC/g Coliformes totales 1×10^3 UFC/g Staphylococcus aureus (ufc/g) $<1 \times 10^1$ UFC/g Mohos y levaduras (ufc/g) 1×10^4 UFC/g Salmonella Ausencia. en 25 g Respaldar con Informe de Ensayo o Laboratorio, efectuado por Institución autorizada o competente.
10. REQUISITOS TÉCNICOS	Las pastas alimenticias o fideos deberán ajustarse a los siguientes requisitos técnicos de calidad: Fideo especial: - U. rotas 0,0% - U. rajadas 0,5% - U. quemadas 0,0% - Defectos 0,5% Respaldar con Informe de Ensayo o Laboratorio, efectuado por Institución autorizada o competente.
11. ENVASE	El envase debe ser fabricado de polipropileno, el mismo no alterará las características del producto, no debe comunicar sabores ni olores extraños. Las Empresas deben adjuntar un envase vacío al momento de presentar la propuesta.
a.	
b.	El envase debe ser resistente al manipuleo, apilado, almacenamiento y transporte, debiendo su contextura evitar el derrame o pérdida del producto.
c.	El envase deberá tener una capacidad de 23 Kilos de fideo.
d.	El rótulo del envase deberá llevar impreso en forma indeleble la siguiente información: - Fideo especial - Marca o razón Social del Proveedor - Peso Neto 23 Kilos (por bolsa) - Fecha de Elaboración - Información Nutricional - Registro Sanitario - Norma de Referencia - Industria Boliviana
12. INSPECCIÓN	DEL PRODUCTO Y LA ELABORACIÓN SEGÚN

	MUESTRA.
1. Inspección LUGAR	EN ALMACENES DEL MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL Y CENTROS DE ABASTECIMIENTO.
13. Requisito ENTREGA:	Porcentaje de entrega de acuerdo a lo establecido por la Dirección General de Logística en los siguientes centros (La Paz, Cochabamba, Santa Cruz, Trinidad, y Oruro).

Anexo 7. Especificaciones Técnicas Harina

HARINA

<i>REQUISITOS NECESARIOS DE LOS BIENES Y LAS CONDICIONES COMPLEMENTARIAS</i>			
PLAZO DE ENTREGA EN ALMACENES: 30 DÍAS A PARTIR DE LA FIRMA DEL CONTRATO			
A) REQUISITOS DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
1.CANTIDAD:	LOTE N° 1 1.250 qq. LOTE N° 2 . 700 qq. LOTE N° 3 1.650 qq. LOTE N° 4 600 qq. LOTE N° 5 750 qq.		
2 UNIDAD:	Envase de 46 Kilos		
3 INDUSTRIA:	Nacional		
4 CALIDAD:	Harina Blanca de Trigo		
5 TIPO / CLASE:	000		
6 REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS.	La harina de trigo deberá estar exenta de microorganismos patógenos y de aquellos que causen descomposición del producto o hagan daño a la salud del consumidor y deberán cumplir con los siguientes requisitos:		
			LIMITE MÁXIMO
	Aerobios mesofilos (ufc/g)		7×10^4
	Coliformes totales (ufc/g)		1×10^3
	Escherichia Coli		Ausencia
	Mohos y levaduras (ufc/g)		1×10^4
	Salmonella en 25 g		Ausencia.
	Respaldar con Informe de Ensayo o Laboratorio, efectuado por Institución autorizada o competente.		
7. REQUISITOS FÍSICO-QUÍMICOS	REQUISITOS	MÍNIMO	MÁXIMO
	Humedad	---	15 %
	Proteínas en b.s.	11 %	---
	Cenizas en b. s.	---	0,85 %
	Acidez como H ₂ SO ₄	---	0,11 %
	Gluten húmedo	24	---
	Respaldar con Informe de Ensayo o Laboratorio, efectuado por Institución autorizada o competente.		
8. REQUISITOS ORGANOLÉPTICOS	Aspecto: Exenta de toda sustancia o cuerpo extraño a su naturaleza.		

	<p>Color: Blanco.</p> <p>Olor y Sabor: <i>Característico del grano de trigo molido, libre de rancidez y de otros olores desagradables, tales como se produce a causa del moho.</i></p> <p>Consistencia: Polvo fluido en toda su masa sin grumos de ninguna clase.</p> <p>Respaldar con Informe de Ensayo o Laboratorio, efectuado por Institución autorizada o competente.</p>																		
9. REQUISITOS MICROSCÓPICOS	<p>La harina de trigo en general debe presentar al microscopio los elementos histológicos característicos del grano con morfología característica y ausencia de impurezas.</p> <p>Respaldar con Informe de Ensayo o Laboratorio, efectuado por Institución autorizada o competente.</p>																		
10. SUSTANCIAS FORTIFICANTES	<p>La harina de trigo fortificada deberá contener: tiamina, riboflavina, niacina, ácido fólico y hierro en forma asimilable e inocua de acuerdo a la siguiente tabla:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>NUTRIENTE</th> <th>FORMA VITAMÍNICA</th> <th>NIVEL DE ADICIÓN (mg/kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>B1</td> <td>Tiamina mononitrato</td> <td>4,4</td> </tr> <tr> <td>B2</td> <td>Riboflavina</td> <td>2,6</td> </tr> <tr> <td>Niacina</td> <td>Nicotinamida</td> <td>35,6</td> </tr> <tr> <td>Folato</td> <td>Ácido Fólico</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>Hierro</td> <td>Hierro reducido electrolítico</td> <td>60,0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Respaldar con Informe de Ensayo o Laboratorio, efectuado por Institución autorizada o competente.</p>	NUTRIENTE	FORMA VITAMÍNICA	NIVEL DE ADICIÓN (mg/kg)	B1	Tiamina mononitrato	4,4	B2	Riboflavina	2,6	Niacina	Nicotinamida	35,6	Folato	Ácido Fólico	1,5	Hierro	Hierro reducido electrolítico	60,0
NUTRIENTE	FORMA VITAMÍNICA	NIVEL DE ADICIÓN (mg/kg)																	
B1	Tiamina mononitrato	4,4																	
B2	Riboflavina	2,6																	
Niacina	Nicotinamida	35,6																	
Folato	Ácido Fólico	1,5																	
Hierro	Hierro reducido electrolítico	60,0																	
11. ENVASE	<p>a. El envase debe ser fabricado con sustancias inocuas de algodón o polipropileno, de manera que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas y tecnológicas del producto. El mismo no deberá transmitir al producto ninguna sustancia toxica ni olores ó sabores desagradables.</p> <p>Las Empresas deben adjuntar un envase vacío al momento de presentar la propuesta.</p>																		
b.	El envase debe ser resistente al manipuleo, apilado, almacenamiento y transporte, debiendo su tejido evitar el derrame o pérdida del producto.																		
c.	El envase deberá tener una capacidad de 46 Kilos de harina																		
d.	<p>El rótulo del envase deberá llevar impreso en forma indeleble la siguiente información:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Harina Blanca de Trigo Fortificada - Marca o razón Social del Proveedor - Peso Neto 46 Kilos. (tolerancia + - 1% sobre una base de 15% de humedad) 																		

	<ul style="list-style-type: none"> - Fecha de Elaboración - Información Nutricional - Norma de Referencia
9. INSPECCIÓN	DEL PRODUCTO Y LA ELABORACIÓN SEGÚN MUESTRA.
1. Inspección LUGAR	EN ALMACENES DEL MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL Y CENTROS DE ABASTECIMIENTO.
10. Requisito ENTREGA:	Porcentaje de entrega de acuerdo a lo establecido por la Dirección General de Logística en los siguientes centros (La Paz, Cochabamba, Santa Cruz, Trinidad, y Oruro).

Paca

PARAMETROS Y VALORES PARA PRODUCCIÓN LÍNEA BUHLER - 600

Nº0001036

REVISADO POR:
 FECHA:

FECHA: 21-08-2007	HORA DE INICIO:		
FORMATO: Fantasía	HORAS PROGRAMADAS:		

RESPONSABLE:	Fantasía				
	YH-AH	DR JV	DR JV	DR JV	DR JV
HORA:	04:00	6:00	8:00	10:00	12:00
Potenciómetro dosificador agua	21	21	21	21	21
Potenciómetro dosificador harina	250	250	250	250	255
Pot. Velocidad cilindros corrugados 1	-	-	-	-	-
Velocidad cilindros lisos 1	50	50	50	50	50
Velocidad Estampadores Velo 1	175	180	180	180	180
Pot. Velocidad cilindros corrugados 2	-	-	-	-	-
Velocidad cilindros lisos 2	60	60	60	57.5	57.5
Velocidad Estampadoras Velo2	175	180	180	180	180
Temperatura presecador (°C)	50	50	50	50	50
Temperatura túnel (°C)	65	64	64	64	64
Temperatura cuadro eléctrico (C.E.) (°C)	69.8	69.3	69.6	69.5	69.4
Humedad relativa cuadro eléctrico (%)	46.5	46.2	46.4	46.3	46.2
Apertura Válvula Temperatura C.E. (%)	26.2	32.78	30.43	29.74	32.15
Apertura Extractor Humedad C.E. (%)	57.3	55.28	56.71	54.48	53.80
Velocidad Túnel (min)	250	250	250	250	250
Temperatura circulación presecador (°C)	94	90	92	94	90
Temperatura retorno presecador (°C)	90	88	90	90	88
Temperatura circulación principal (°C)	78	80	80	80	80
Temperatura retorno principal (°C)	82	80	82	82	82
Temperatura circulación túnel (°C)	90	90	90	90	88
Temperatura retorno túnel (°C)	88	88	88	88	86
Producción final (kg/h)	760 kg/h	750 kg/h	740 kg/h	760 kg/h	750 kg/h
Silo de producto final					
Presión de Caldero C. Brooks (lb/in²)	30	30	30	28	30
	Velo 3	180	170	170	170

DATOS LABORATORIO					
Humedad harina (%)					
Humedad de la masa (%)					
peso Humedad Trobato (%)	880 kg/h	900 kg/h			
Humedad prod. inicio túnel (%)					
Humedad producto final túnel (%)	12.5%	12.7%	11.7	12.3	12.8%

VARIACIONES PARÁMETROS DE RECETA				
FECHA	PARÁMETRO	VALOR 1	NUEVO VALOR	MOTIVO CAMBIO

PAROS				
HORA INICIO	HORA ARRANQUE	CF	M	MOTIVO DEL PARO / OBSERVACIONES
				8:00 am. Silo N. 6 Fantasía 21-08.
				12:00 pm. silo N. 8 Fantasía 21-08.



Sucesores de J. Paredes M. S.A.
FABRICACIÓN

**REGISTRO DE MEDICION
DE HUMEDADES**

REVISADO POR

FECHA:

FECHA	FORMATO	LUGAR MUESTREO		% HUMEDAD	RESPONSABLE	HORA	OBSERVACIONES
		LINEA	PUNTO				
01-08-07	Glutenado g.	Nidos	Salida	11.5		10:00	
	Fantasia	600	"	11.2			
	Corbatin	1000	"	11.3			
	lozo 2	1000	"	19.82			
	Glutenado granul	Nidos	Salida	12.1		12:00	
	Fantasia	600	"	10.2			
	Corbatin	1000	"	10.7			
	Glutenado granul	Nidos	"	11.9		14:00	
	Fantasia	600	"	11.9			
	Corbatin	1000	"	11.02			
	Masa	Nidos		33.40			
	Masa	600					
	Glutenado g.	Nidos	Salida	13.0		16:00	
	Marguito #2	600	"	11.8			
Corbate	1000	"	11.1				
02-08-07	Nido Cobello	Nidos	Salida	12.1		8:00	
	Marguito #1	600	"	11.8			
	lozo #1	1000	"	11.4			
	Nido Cobello	Nidos	"	12.3		10:00	
	Marguito #1	600	"	12.0			
	lozo #1	1000	"	11.1			
	Nido Cobello	Nidos	"	12.6		12:00	
	Marg #1	600	"	12.7			
	Pluma	1000	"	10.4			
	Nido Cobello	Nidos	"	12.2		14:00	
	Ilusion	600	"	12.3			
	Pluma	1000	"	10.5			
	Nido Cobello	Nidos	"	11.7		16:00	
	Ilusion	600	"	12.8			
Pluma	1000	"	10.6				
03-08-07	Nido Cobello	Nidos	Salida	13.3			
	Fantasia	600	"	12.7			
	Maconen #1	1000	"	11.04			
				34.19			
	Fantasia	600	Salida	12.23%		10:00	
	Maconen #1	1000	Salida	11.26%			
	Nido Cobello	Nidos	"	12.30%			
	Fantasia	600	"	12.9%		12:00	
	Super Cobello	1000	"	9.00%			
	Nido Cobello	Nidos	"	12.2			
	Nido Cobello	Nidos	"	12.8		14:00	
	Fantasia	600	"	12.4			
	Super Cobello	1000	"	9.8			
	Fantasia	600	"	12.0		16:00	
Super Cobello	1000	"	10.0			7/10/73	
06-07-07	Glutenado 4T	Nidos	Salida	12.4		8:00	
	"	"	"	13.2		12:00	
				31.74			
	Glutenado 4T	Nidos	Salida	12.6		14:00	
	Corbatin	1000	"	10.7			
	Corbatin	1000	"	11.5		16:00	
	Glutenado 2x4	Nidos	"	12.6%			
	Corbatin	1000	"	11.6		18:00	
	Glutenado 2x4	Nidos	"	12.9			

Anexo 9. Datos Históricos Mes de Septiembre 2007

Paca

PARAMETROS Y VALORES PARA PRODUCCIÓN **LÍNEA BUHLER - 600**
Nº0001084

REVISADO POR:
 FECHA:

FECHA: 13.09.2007	HORA DE INICIO:		
FORMATO: Fantasia	HORAS PROGRAMADAS:		

	RESPONSABLE:	Fantasia	Leandro	Fantasio	Factor 1	Margarita H:1
	HORA:	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00

	Fantasia	Leandro	Fantasio	Factor 1	Margarita H:1
1. Potenciometro dosificador agua	21	21	21	21	21
2. Potenciometro dosificador harina	260	260	260	260	260
3. Pot. Velocidad cilindros corrugados 1	55.9	55.9	55.9	55.9	56.0
4. Velocidad cilindros lisos 1	180	180	180	180	176
5. Velocidad Estampadores Velo 1					56.5
6. Pot. Velocidad cilindros corrugados 2	55.7	55.8	55.8	55.7	176
7. Velocidad cilindros lisos 2	180	180	180	180	50
8. Velocidad Estampadoras Velo2	50	50	50	50	64
9. Temperatura presecador (°C)	65	66	66	65	68.7
10. Temperatura túnel (°C)	68.8	68.8	68.8	68.9	48.1
11. Temperatura cuadro eléctrico (C.E.) (°C)	45.5	45.2	45.5	45.2	13.5
12. Humedad relativa cuadro eléctrico (%)	21	23	21	21	25.3
13. Apertura Válvula Temperatura C.E. (%)	60	54	50	55	250
14. Apertura Extractor Humedad C.E. (%)	900	900	950	950	88
15. Velocidad Túnel (min)	88	88	88	88	84
16. Temperatura circulación presecador (°C)	76	86	86	88	74
17. Temperatura retorno presecador (°C)	80	80	80	80	78
18. Temperatura circulación principal (°C)	82	82	82	82	84
19. Temperatura retorno principal (°C)	84	86	86	88	84
20. Temperatura circulación túnel (°C)	84	84	86	96	84
21. Temperatura retorno túnel (°C)			730Ks		610 Kg/h.
22. Producción final (kg/h)	128	128	128	10	30
23. Silo de producto final	29	32	30	30	185
24. Presión de Caldero C. Brooks (lb/in ²)					

DATOS LABORATORIO

1. Humedad harina (%)					
2. Humedad de la masa (%)			87.1	86.9 K/ks	800kg
3. Humedad Trobato (%)	K/los Trobato				
4. Humedad prod. inicio túnel (%)	13.2%	11.5%	12.4	22.2%	12.0
5. Humedad producto final túnel (%)					

VARIACIONES PARÁMETROS DE RECETA

FECHA	PARÁMETRO	VALOR 1	NUEVO VALOR	MOTIVO CAMBIO

PAROS

HORA INICIO	HORA ARRANQUE	CF	M	MOTIVO DEL PARO / OBSERVACIONES
				Silo N: 12 Fantasia 11:00pm 13-09-2007

Paca

PARAMETROS Y VALORES PARA PRODUCCIÓN **LÍNEA BUHLER - 600**
Nº0001096

FECHA: 21-09-2007 REVISADO POR: _____
 FORMATO: Fantasia FECHA: _____

RESPONSABLE:	HORAS PROGRAMADAS:				
	Fantasia	Fantasia	Lazo #1	Lazo #1	Lazo #1
HORA:	11:00	11:00	08:00	10:00	12:00
Potenciómetro dosificador agua	21	21	21	21.5	21.5
Potenciómetro dosificador harina	255	255	225	250	250
Pot. Velocidad cilindros corrugados 1	—	—	—	—	—
Velocidad cilindros lisos 1	52	52.2	56.0	56.5	58.0
Velocidad Estampadores Velo 1	180	180	240	250	255
Pot. Velocidad cilindros corrugados 2	—	—	—	—	—
Velocidad cilindros lisos 2	53	54.3	53.0	54.5	55.5
Velocidad Estampadoras Velo2	180	180	200	240	240
Temperatura presecador (°C)	50	50	50	50	50
Temperatura túnel (°C)	64	64	64	64	64
Temperatura cuadro eléctrico (C.E.) (°C)	69.5	69.8	69.4	69.7	69.7
Humedad relativa cuadro eléctrico (%)	15	15.1	14.9	13.1	15.7
Apertura Válvula Temperatura C.E. (%)	55	56.1	33.6	50.3	55.5
Apertura Extractor Humedad C.E. (%)	250	250	250	250	250
Velocidad Túnel (min)	88	92	90	90	86
Temperatura circulación presecador (°C)	86	86	86	84	82
Temperatura retorno presecador (°C)	78	80	76	78	80
Temperatura circulación principal (°C)	80	82	80	80	84
Temperatura retorno principal (°C)	88	90	86	84	86
Temperatura circulación túnel (°C)	86	88	84	84	86
Temperatura retorno túnel (°C)	—	—	—	—	—
Producción final (kg/h)	—	—	—	—	—
Silo de producto final	#6	—	—	—	—
Presión de Caldero C. Brooks (lb/in²)	28	30	30	30	30
Velocidad Velo 3.	170	170	230	230	230

LABORATORIO					
Humedad harina (%)					
Humedad de la masa (%)					
Humedad Trobato (%)					
Humedad prod. inicio túnel (%)					
Humedad producto final túnel (%)	12.5	11.8	12.4	12.1	12.3

VARIACIONES PARÁMETROS DE RECETA				
IA	PARÁMETRO	VALOR 1	NUEVO VALOR	MOTIVO CAMBIO

PAROS				
HORA INICIO	HORA ARRANQUE	CF	M	MOTIVO DEL PARO / OBSERVACIONES
				3:10 am Silo #6 Fantasia 21-09-2007
				6:15 am Silo H:3 Fantasia 21-09-2007
				10:15 am Silo N:7 Fantasia 21-09-2007
				12:15 am Silo N:5 Lazo H:1 21-09-2007

40 ml



Sucesores de J. Paredes M. S.A.
FABRICACIÓN

REGISTRO DE MEDICION
DE HUMEDADES

REVISADO POR

FECHA:

FECHA	FORMATO	LUGAR MUESTREO		% HUMEDAD	RESPONSABLE	HORA	OBSERVACIONES
		LINEA	PUNTO				
		600	Salida	13.7		14:00	
		1000		11.3			
		Nidos		12.3			
		Nidos		12.6		16:00	
		600		11.5			
		1000		11.2			
14/09/07	Marg #1	600		12.2		8:00	
	Corbata	1000		11.3			
	Rosca	Nidos		12.5			
		600	"	12.5		12:00	
		Nidos	"	12.5			
		1000	"	11.3			
	Marg #1	600		12.4		14:00	
	Corbata	1000		10.65			
	Rosca	Nidos		13.1			
		1000		10.9			
15/09/07	Broca	1000	"	11.5		8:00	
	Rosca	Nidos	"	12.9			
	Rosca	Nidos	"	11.8		10:00	
	Glutenado 2x1	Nidos	Masa	32.12		11:00	
	Rosca	"	Salida	12.6		12:00	
17/09/07	Glutenado	Nidos	"			8:00	
		Nidos	"	12.0		12:00	
		Nidos	"	11.5		14:00	
18/09/07	Canasto Ilusion	600	"	13.0		8:00	
	Spaghetti #3	P.L	"	10.5			
	Glutenado ganel	Nidos	"	11.6			
	Canasto Ilusion	600		12.0		10:00	
	Spaghetti #3	PL		10.7			
	Glutenado	Nidos		11.5			
		600		11.7		12:00	
		Nidos		12.4			
		PL		10.2			
		600		12.2		14:00	
		Nidos		11.7			
		PL		10.4			
		600		12			
		Nidos		11.7			
		PL		10.0			
19/09/07	Fantasia	600		12.9			
	Spaghetti #5	P.L		11.0		8:00	
	Nido Gourmet	Nidos		13.5			
	Fantasia	600		12.7		10:00	
	Spaghetti #5	P.L		11.1			
	Nido Gourmet	Nidos		12.4		12:00	
		600		12.9			
		PL		10.7			
		Nidos		14.2			
		600		11.3		14:00	
		PL		10.9			
		Nidos		13.6			
		600		11.0		16:00	
		PL		10.0			

Anexo 10. Datos Históricos Mes de Octubre 2007

Paca

PARAMETROS Y VALORES PARA PRODUCCIÓN **LÍNEA BUHLER - 600**

N°0001124

FECHA: 10-10-2007

FORMATO: Fantasia

HORA DE INICIO:

HORAS PROGRAMADAS:

REVISADO POR:

FECHA:

RESPONSABLE:

HORA:

	Fantasia	Fantasia	Fantasia	Fantasia	C. Ilusión
	P. J	P. J	P. J	XH-AH	XH-AH
Potenciometro dosificador agua	20	20	20	20	21.5
Potenciometro dosificador harina	255	255	255	255	230
Pot. Velocidad cilindros corrugados 1	—	—	—	—	—
Velocidad cilindros lisos 1	54	54	54	54.0	60.0
Velocidad Estampadores Velo 1	180	180	180	180	416
Pot. Velocidad cilindros corrugados 2	—	—	—	—	—
Velocidad cilindros lisos 2	54	54	54	54.0	60.0
Velocidad Estampadoras Velo2	180	180	180	180	380
Temperatura presecador (°C)	50	50	50	50	50
Temperatura túnel (°C)	66	65	65	66	66
Temperatura cuadro eléctrico (C.E.) (°C)	70	70	70.5	71.3	70.0
Humedad relativa cuadro eléctrico (%)	45.5	45.5	45.5	46.9	44.0
Apertura Válvula Temperatura C.E. (%)	20	20	20	19.7	18.7
Apertura Extractor Humedad C.E. (%)	55	55	55	59.7	18.7
Velocidad Túnel (min)	250	250	250	250	250
Temperatura circulación presecador (°C)	88	88	88	90	90
Temperatura retorno presecador (°C)	86	86	86	86	86
Temperatura circulación principal (°C)	80	80	80	80	78
Temperatura retorno principal (°C)	84	84	84	82	82
Temperatura circulación túnel (°C)	88	88	86	86	86
Temperatura retorno túnel (°C)	86	86	84	86	84
Producción final (kg/h)					
Silo de producto final					
Presión de Caldero C. Brooks (lb/in²)	30	25	25	30	30
Velocidad Velo 3				180	440

LABORATORIO

Humedad harina (%)				
Humedad de la masa (%)				
Humedad Trobato (%)				
Humedad prod. inicio túnel (%)				
Humedad producto final túnel (%)	19.7	17.5	12.6	12.9

ACIONES PARÁMETROS DE RECETA

PARÁMETRO	VALOR 1	NUEVO VALOR	MOTIVO CAMBIO

S

HORA DE INICIO	HORA ARRANQUE	CF	M	MOTIVO DEL PARO / OBSERVACIONES
				silo 9- Fantasia 00:15:00; 10-10-2007
				silo # 3 Fantasia 04:00am 10.10.2007



Sucesores de J. Paredes M. S.A.
FABRICACIÓN

REGISTRO DE MEDICION
DE HUMEDADES

REVISADO POR

FECHA:

FECHA	FORMATO	LUGAR MUESTREO		% HUMEDAD	RESPONSABLE	HORA	OBSERVACIONES	
		LINEA	PUNTO					
19/10/07	Canasto Ilusión	600	Salida	13%		10:00		
	C. Rosca	Nidos	"	12.9%				
	Spaghetti	P.L	"	11.3%				
	Canasto Ilusión	600	"	12.8%		12:00		
		P.L	"	11.2				
		Nidos	"	12.1				
		Nidos	"	12.6		14:00		
20/10/07		P.L	"	11.2				
		600	"	12.5%				
	Glut 2x4	Nidos	"	12.6%		8:00		
	C. Ilusión	600	"	10.6%			Problema panel	
	Spaghetti	P.L	"	10.85		10:00		
		600	"	10.4				
		600	"	10.0				
22/10/07	Canasto Ilusión	"	"	9.5		12:00		
	Glut 2 x 4	Nidos	"	12.0				
	Spaghetti	P.L	"					
22/10/07	Glutenado 2x4	Nidos	Salida	12.3%		8:00		
		1000	Zona 2	19.7%				
		Nidos	"	12.9				
		1000	"	12.1				
		"	"	12.2				
23/10/07	Fantasia	600	Salida	11.2		8:00		
		1000	"					
	Glutenado 2x4	Nidos	"	11.8				
	Fantasia	600	"	12.9		10:00		
	Super Cabello	1000	"	11.2				
	Cabello Rosca	Nidos	"	13.1		12:00		
	Super Cabello	1000	"	11.3				
		Nidos	"	11.6				
	Fantasia	600	"	11.6		14:00		
	Rosca	Nidos	"	12.0			paro 1 hora.	
	Pluma	1000	"	10.5				
	Pluma	1000	Zona 2	18.52				
		Rosca.	Nidos		11.2			
		Capeletti	600		11.35			
	Pluma	1000		10.98				
24/10/07	Canasto Ilusión	600		11.7		8:00		
	Corbata.	1000		11.2				
	Nido Gourmet.	Nidos		12.7				
	Corbata.	1000	Zona 2	17.58		9:00		
	Corbata	1000	Salida	11.05				
	Marg #1	600	Salida	10.7				
	"	600	"	11.9	→	10:00	apenas sale	
	Nido Gourmet.	Nidos	"	12.1				
	Corbata	1000	Zona 2	17.51		11:10		
	Corbata.	1000	Salida	11.2		12:00		
	Marg #1	600	"	12.4				
	Rosca	Nidos	"	12.0				
Corbata	1000	"	10.7					

Anexo 11. Datos Históricos Mes de Noviembre 2007

Paca

PARAMETROS Y VALORES PARA PRODUCCIÓN **LÍNEA BUHLER - 600**

Nº0001174

REVISADO POR:
 FECHA:

FECHA: 11-11-2007
 FORMATO: Fantasia

HORA DE INICIO:
 HORAS PROGRAMADAS:

PRODUCTO: Fantasia Fantasia Fantasia Fantasia
 RESPONSABLE: XH-AM XH-AM P-M P-M

HORA:		10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
1.	Potenciómetro dosificador agua	22	22	22	24	24
2.	Potenciómetro dosificador harina	280	280	300	230	270
3.	Pot. Velocidad cilindros corrugados 1	—	—	—	—	—
4.	Velocidad cilindros lisos 1	52.0	52.0	52	50	50
5.	Velocidad Estampadores Velo 1	175	180	190	240	250
6.	Pot. Velocidad cilindros corrugados 2	—	—	—	—	—
7.	Velocidad cilindros lisos 2	49.9	49.9	48	50	50
8.	Velocidad Estampadoras Velo2	175	180	186	250	250
9.	Temperatura presecador (°C)	50	50	50	50	50
10.	Temperatura túnel (°C)	64	64	66	62	58
11.	Temperatura cuadro eléctrico (C.E.) (°C)	70.0	70.1	70.5	66	61
12.	Humedad relativa cuadro eléctrico (%)	45.3	45.6	45.3	45	56
13.	Apertura Válvula Temperatura C.E. (%)	21.7	23.0	26	28	20
14.	Apertura Extractor Humedad C.E. (%)	21.7	23.0	26	28	20
15.	Velocidad Túnel (min)	250	250	260	250	250
16.	Temperatura circulación presecador (°C)	94	94	97	88	88
17.	Temperatura retorno presecador (°C)	90	90	86	86	86
18.	Temperatura circulación principal (°C)	80	80	82	82	88
19.	Temperatura retorno principal (°C)	84	84	85	84	80
20.	Temperatura circulación túnel (°C)	92	92	92	90	88
21.	Temperatura retorno túnel (°C)	92	92	90	90	88
22.	Producción final (kg/h)					
23.	Silo de producto final					
24.	Presión de Caldero C. Brooks (lb/in²)	30	30	30	30	30
	Velocidad Estampadora 3	180	180	180	280	280

DATOS LABORATORIO

1.	Humedad harina (%)					
2.	Humedad de la masa (%)					
3.	Humedad Trobato (%)					
4.	Humedad prod. inicio túnel (%)					
5.	Humedad producto final túnel (%)	12.1	12.1	11.6	11.5	—

VARIACIONES PARÁMETROS DE RECETA

FECHA	PARÁMETRO	VALOR 1	NUEVO VALOR	MOTIVO CAMBIO

PAROS

HORA INICIO	HORA ARRANQUE	CF	M	MOTIVO DEL PARO / OBSERVACIONES

Paca

PARAMETROS Y VALORES PARA PRODUCCIÓN **LÍNEA BUHLER - 600**

Nº0001197

REVISADO POR:
FECHA:

FECHA: 21-11-2007
FORMATO: Fantasia

HORA DE INICIO:
HORAS PROGRAMADAS:

RESPONSABLE:		PRODUCTO:	Fantasia	Fantasia	Fantasia	Fantasia	cto #2
HORA:		XN-AM	XN-AM	XN-AM	XN-AM		
1.	Potenciómetro dosificador agua	14:00	16:00	18:00	20:00		274.00
2.	Potenciómetro dosificador harina	20.0	20.0	20.0	20.0		71
3.	Pot. Velocidad cilindros corrugados 1	310	360	340	340		300
4.	Pot. Velocidad cilindros lisos 1	54.6	—	—	—		—
5.	Velocidad cilindros lisos 1	180	54.6	54.6	54.6		47
5.	Velocidad Estampadores Velo 1	5	180	180	180		216
6.	Pot. Velocidad cilindros corrugados 2	52.6	52	—	—		—
7.	Velocidad cilindros lisos 2	180	52.5	52.5	52.5		47.9
8.	Velocidad Estampadoras Velo2	—	180	180	180		216
9.	Temperatura presecador (°C)	50.0	50	50	50		50
10.	Temperatura túnel (°C)	66	66	66	64		65
11.	Temperatura cuadro eléctrico (C.E.) (°C)	70.9	70.1	70.0	69.4		67.2
12.	Humedad relativa cuadro eléctrico (%)	46.6	46.6	46.5	46.4		46.5
13.	Apertura Válvula Temperatura C.E. (%)	36.3	33.2	34.7	38.0		30.41
14.	Apertura Extractor Humedad C.E. (%)	51.4	54.2	55.2	56.7		30.48
15.	Velocidad Túnel (min)	250	250	250	250		250
16.	Temperatura circulación presecador (°C)	88	90	90	90		92
17.	Temperatura retorno presecador (°C)	84	86	86	86		90
18.	Temperatura circulación principal (°C)	82	80	80	80		78
19.	Temperatura retorno principal (°C)	84	84	84	82		80
20.	Temperatura circulación túnel (°C)	86	90	88	86		90
21.	Temperatura retorno túnel (°C)	84	86	86	84		90
22.	Producción final (kg/h)						
23.	Silo de producto final						
24.	Presión de Caldero C. Brooks (lb/in ²)	26	27	27	27		26
Velocidad Estampadora 3		180	180	180	180		216

DATOS LABORATORIO

1.	Humedad harina (%)				
2.	Humedad de la masa (%)				
3.	Humedad Trobato (%)				
4.	Humedad prod. inicio túnel (%)				
5.	Humedad producto final túnel (%)		11.8%		12.4%

VARIACIONES PARÁMETROS DE RECETA

FECHA	PARÁMETRO	VALOR 1	NUEVO VALOR	MOTIVO CAMBIO

PAROS

HORA INICIO	HORA ARRANQUE	CF	M	MOTIVO DEL PARO / OBSERVACIONES

082979472



Sucesores de J. Paredes M. S.A.
FABRICACIÓN

REGISTRO DE MEDICION
DE HUMEDADES

REVISADO POR

FECHA:

FECHA	FORMATO	LUGAR MUESTREO		% HUMEDAD	RESPONSABLE	HORA	OBSERVACIONES
		LINEA	PUNTO				
14/11/07	Caro #1	1000	Salida	10.4		16:00	
	Canasto Ilusión	600	Salida	12.1			
15/11/07		600		13.6		8:00	
		1000		11.9			
	Corbatín	1000	Zona 2	19.36		8:15	
				18.7		10:05	
	Fantasia	600		13.1		14:00	
		1000		11.4			
		Nidos		12.5			
		600		12.8			
				11.0			
	Canasto Ilusión	600	Salida	13.1		8:00	
	Glutenado 2x4	Nidos	"	12.35			
	Canasto Ilusión	600	"	12.9		10:00	
	Glutenado 2x4	Nidos	"	12.2			
	Canasto I	600	"	13.3		12:00	
	Glut 2x4	Nidos	"	13.3			
	Canasto I	600	"	13.12%		14:00	
	Glut 2x4	Nidos	"	13.4			
	123 ABC	1000	Zona 2	17.66		4:00	
17/11/07	Canasto Ilusión	600	Salida	11.0		8:00	
	Glut 2x4	Nidos	"	11.8			
	Macarrón 3	1000	"	11.1			
	Macarrón 1	1000	Zona 2	16.6			
	Canasto Ilusión	600	Salida	11.0			
	Glut 2x4	Nidos	Salida	11.6%			
19/11/07	Margarita Ilusión	600	Salida	11.7%		8:00	
	Corbatín	1000	Salida	11.5%			
	Glut 2x4	Nidos	Salida	12.23			
	Fantasia	600	Salida	11.46		10:00	
	Cabello Precort.	1000	"	12.4			
	Fantasia	600	"	11.6		12:00	
	Cabello Precort.	1000	"	12.3			
	Fantasia	600	"	12.4		14:00	
	Cabello Precort	1000	"	12.0			
	Glut 2x4	Nidos	"	13.0			
	Fantasia	600	"	12.3%		16:00	
	Cabello Precort	1000	"	11.0%			
	Glut 2x4	Nidos	"	12.7%			
	20/11/07	Canasto Ilusión	600	"	12.8		8:00
		1000	"	11.0			
Glutenado 1x2		Nidos	"	12.0			
				16.85			
Corbata		1000	"	18.2		11:50	
Canasto I		600	"	11%		12:00	areglo Vela 1
Corbata		1000	"	11%			
Glut 1x2	Nidos	"	12%				
			11%				

Anexo 12. Datos Históricos Mes de Diciembre 2007

Paca

PARAMETROS Y VALORES PARA PRODUCCIÓN **LÍNEA BUHLER - 600**

Nº0001237

REVISADO POR:
FECHA:

FECHA: 10-12-2007
FORMATO: Fantasia

HORA DE INICIO:
HORAS PROGRAMADAS:

	RESPONSABLE:	PRODUCTO:				
		Fantasia	Fantasia	Fantasia	Fantasia	
HORA:		P-M	P-M	XH-AM	XH-AM	XH-AM
1.	Potenciometro dosificador agua	20.5	20.5	20.5	20.5	
2.	Potenciometro dosificador harina	230	230	280	295	
3.	Pot. Velocidad cilindros corrugados 1	300				
4.	Velocidad cilindros lisos 1	50.0	50	51.0	53.0	
5.	Velocidad Estampadores Velo 1	180	190	180	180	
6.	Pot. Velocidad cilindros corrugados 2					
7.	Velocidad cilindros lisos 2	52.1	52	53.0	53.0	
8.	Velocidad Estampadoras Velo2	180	180	180	180	
9.	Temperatura presecador (°C)	50	50	50	50	
10.	Temperatura túnel (°C)	64	64	65	65	
11.	Temperatura cuadro eléctrico (C.E.) (°C)	70.1	69.7	69.9	70.0	
12.	Humedad relativa cuadro eléctrico (%)	46.6	45	46.2	46.4	
13.	Apertura Válvula Temperatura C.E. (%)	33.93	39	36.1	36.3	
14.	Apertura Extractor Humedad C.E. (%)	58.92	60	53.8	55.3	
15.	Velocidad Túnel (min)	250	250	250	250	
16.	Temperatura circulación presecador (°C)	92	90	90	90	
17.	Temperatura retorno presecador (°C)	88	88	86	86	
18.	Temperatura circulación principal (°C)	80	80	80	80	
19.	Temperatura retorno principal (°C)	82	82	84	84	
20.	Temperatura circulación túnel (°C)	88	88	86	88	
21.	Temperatura retorno túnel (°C)	88	86	84	86	
22.	Producción final (kg/h)					
23.	Silo de producto final					
24.	Presión de Caldero C. Brooks (lb/in ²)	30	20	30	30	
25.	Velocidad Velo 3	190	180	180	180	

DATOS LABORATORIO

1.	Humedad harina (%)				
2.	Humedad de la masa (%)				
3.	Humedad Trobato (%)				
4.	Humedad prod. inicio túnel (%)				
5.	Humedad producto final túnel (%)	12.7	12.97	12.61	12.71

VARIACIONES PARÁMETROS DE RECETA

FECHA	PARÁMETRO	VALOR 1	NUEVO VALOR	MOTIVO CAMBIO

PAROS

HORA INICIO	HORA ARRANQUE	CF	M	MOTIVO DEL PARO / OBSERVACIONES



Sucesores de J. Paredes M. S.A.
FABRICACIÓN

REGISTRO DE MEDICION
DE HUMEDADES

REVISADO POR

FECHA:

FECHA	FORMATO	LUGAR MUESTREO		% HUMEDAD	RESPONSABLE	HORA	OBSERVACIONES
		LINEA	PUNTO				
3/12/2007	Lazo 1	600	Salida	12.8		12:00	
	Corbata	1000	"	11.8			
	Rosca	Nidos	"	13.1			
	Lazo 1	600	"	12.8		14:00	
	Corbata	1000	"	11.7			
	Rosca	Nidos	"	13.3			
3/12/07	Fantasia	600	"	13.8		8:00	
	Corbata	1000	"	12.0			
	Rosca	Nidos	"				
	Fantasia	600	"	12.0		14:00	
	Super Cabello	1000	"	10.69			
	Rosca	Nidos	"	13.8			
4/12/07	Canasto Ilusion	600	"	12.6		8:00	
	Broca	1000	"	11.7			
	Rosca	Nidos	"	13.8			
	Canasto Ilusion	600	"	12.7		12:00	
	C. Precortado	1000	"	12.6			
	Rosca	Nidos	"	13.5			
	Cap. Precortado	1000	"	12.8		14:00	
	Canasto Ilusion	600	"	11.9			
	Rosca	Nidos	"	12.8			
	C. Precortado	Zona 2	1000	19.22			
		600		12.32			
		1000		12.5			
		Nidos		12.35			
	15/12/2007	Canasto I1.	600	Salida	10.7	12.6%	8:00
Macarrón 1		1000	Salida	12.1			
Glut 2x4		Nidos	Salida	12.0			
C. Ilusion		600	"	12.5		10:00	
Macarrón 1		1000	"	11.5			
Glut 2x4		Nidos	"	12.8			
		600		11.4			
		1000		12.12			
Fantasia		600		12.0		12:00	
		Nidos		12.26			
	1000		11.8				
18/12/2007	Lazo #1	600	Salida	12.9		8:00	
	Glut 2x4	Nidos	"	12.5			
	Lazo #1	600	"	12.8		10:00	
	Glut 2x4	Nidos	"				
	Spaghetti 5	P.L	Zona 1	17.5			
	Spaghetti 3	P.L	Zona 2	13.5			

Paca

PARAMETROS Y VALORES PARA PRODUCCIÓN

LÍNEA BUHLER - 600

Nº0001299

REVISADO POR:
FECHA:

21-01-2008

MAT: fantasia

HORA DE INICIO:

HORAS PROGRAMADAS:

	RESPONSABLE:	Capelchili	Fantasia	Fantasia	Fantasia	Fantasia
		DR30	DR30	XH-AM	XH-AM	XH-AM
	HORA:	24:00	4:00	06:00	08:00	10:00
1.	Potenciómetro dosificador agua	23	23	23	23	23
2.	Potenciómetro dosificador harina	230	260	310	310	310
3.	Pot. Velocidad cilindros corrugados 1	-	-	-	-	-
4.	Velocidad cilindros lisos 1	53	53	53.0	53.0	53.0
5.	Velocidad Estampadores Velo 1	260	180	180	180	180
6.	Pot. Velocidad cilindros corrugados 2	-	-	-	-	-
7.	Velocidad cilindros lisos 2	54	52	-	53.0	63.0
8.	Velocidad Estampadoras Velo2	230	180	-	180	180
9.	Temperatura presecador (°C)	50	48	50	50	50
10.	Temperatura túnel (°C)	58	64	64	64	64
11.	Temperatura cuadro eléctrico (C.E.) (°C)	62.1	70.3	69.8	69.5	70.1
12.	Humedad relativa cuadro eléctrico (%)	54.0	46.6	45.8	46.2	45.6
13.	Apertura Válvula Temperatura C.E. (%)	41.79	32.95	49.6	48.7	46.0
14.	Apertura Extractor Humedad C.E. (%)	41.14	61.86	51.8	59.8	51.4
15.	Velocidad Túnel (min)	250	250	250	250	250
16.	Temperatura circulación presecador (°C)	88	86	88	88	90
17.	Temperatura retorno presecador (°C)	86	82	86	84	86
18.	Temperatura circulación principal (°C)	74	80	80	78	80
19.	Temperatura retorno principal (°C)	76	84	84	82	84
20.	Temperatura circulación túnel (°C)	88	84	86	84	86
21.	Temperatura retorno túnel (°C)	88	82	82	80	86
22.	Producción final (kg/h)					
23.	Silo de producto final					
24.	Presión de Caldero C. Brooks (lb/in²)	28	30	30	30	27
	Velocidad Estampadora Velo 3	260	180	180	180	180

DATOS LABORATORIO

1.	Humedad harina (%)					
2.	Humedad de la masa (%)					
3.	Humedad Trobato (%)					
4.	Humedad prod. inicio túnel (%)					
5.	Humedad producto final túnel (%)	11.7%	11.2%	11.9%	12.8%	12%

VARIACIONES PARÁMETROS DE RECETA

FECHA	PARÁMETRO	VALOR 1	NUEVO VALOR	MOTIVO CAMBIO

PAROS

HORA INICIO	HORA ARRANQUE	CF	M	MOTIVO DEL PARO / OBSERVACIONES



Sucesores de J. Parédes M. S.A.
FABRICACIÓN

REGISTRO DE MEDICION
DE HUMEDADES

REVISADO POR

FECHA:

FECHA	FORMATO	LUGAR MUESTREO		% HUMEDAD	RESPONSABLE	HORA	OBSERVACIONES
		LINEA	PUNTO				
25/01/08	Margarita 1	600	Salida	12.6		10:00	
	Rosca	Nidos	Salida	12.5			
	Spaghetti 5	P.L	Zona 2	12.45			
	Fantasia	600	Salida	12.2		12:00	
	Rosca	Nidos	"	12.2			
		600		12.3			
		Nidos		12.0			
		P.L		11.1			
		A.O					
		8					
26/01/08	Marg # 2	600	Salida	10.7		8:00	
	Spaghetti 5	P.L	"	10.8			
	Rosca	Nidos	"	12.7			
28/01/08	Glut 2x4	Nidos	Salida	12.54%		8:00	
	Spaghetti 5	P.L	Salida	10.4%			
	Glut 2x4	Nidos	"	12.8			
	Spaghetti 5	P.L	"	10.5			
	Spaghetti semola	PL	Zona 1	16.9		16:00	
	Fantasia	600	Salida	11.8			
	Glut 2x4	Nidos	"				
	Spaghetti 5	P.L	"	10.2%			
29/01/08	Fantasia	600	Salida	10.8		8:00	
	Spaghetti semola	P.L	"	11.9			
	Glut 2x4	Nidos	"	13.77			
		Zona 1		18.1			
	Fantasia	600	Salida	11.8		10:00	
	Spaghetti	PL	"	11.2			
	Glut 2x4	Nidos	"	12.6			
	Capelati	600	"	11.3		12:00	
	Spaghetti	P.L	"	11.0			
	Glut 2x4	Nidos	"	13.5			
	Capelati	600	"	12.33		14:00	
	Spaghetti semola	P.L	"	11.45			
	Glut 2x4	Nidos	"	13.7			
	Spaghetti	P.L	Zona 1	18.64			
	Capelati	600	Salida	13.0		16:00	
	Spaghetti	P.L	"	11.67			
	Glutenado 2x4	Nidos	"	13.5			
30/01/07	Canasto Ilusion	600	Salida	12.45		8:00	
	Spaghetti	P.L	"	11.6			
		P.L	Zona 1	18.59			
	Glut 2x4	Nidos	Salida	13.0			
	Canasto I	600	"	12.5		10:00	
	Spaghetti	P.L	"	11.4			
	Glut 2x4	Nidos	"	12.55			
	Spaghetti 4	P.L	Zona 1	20.5		14:00	
	Canasto Ilusion	600	Salida	12.71			
	Spaghetti 5	P.L	Salida	11.1			
	Glut 2x4	Nidos	Salida	12.5			
	Canasto I	600	"	12.0		16:00	
	Spaghetti 4	P.L	"	11.2			
	Spaghetti A	P.L	Zona 2	13.2			
	Spaghetti A	P.L	Zona 1	19.9			

Anexo 14. Datos Tomados del Desperdicio en Kilogramos

Datos de Desperdicio en Kilogramos

Fecha	Muestra N°	9:00 a.m.	10:00 a.m.	11:00 a.m.	12:00 p.m.	13:00 p.m.
		x1	x2	x3	x4	x5
04/02/2008	1	2,92	2,42	2,75	1,25	1,67
05/02/2008	2	2,58	4,00	5,42	3,83	2,50
06/02/2008	3	3,58	4,17	3,33	2,83	1,67
07/02/2008	4	3,75	3,33	2,50	1,67	2,92
08/02/2008	5	4,83	4,58	3,33	3,17	2,50
11/02/2008	6	3,92	3,75	1,25	2,92	3,50
12/02/2008	7	5,00	4,58	5,42	3,33	2,08
13/02/2008	8	4,17	3,33	4,00	4,58	4,83
14/02/2008	9	5,00	3,83	4,83	5,00	3,75
15/02/2008	10	2,75	1,67	4,00	2,08	2,92
18/02/2008	11	4,83	1,67	2,08	4,17	5,17
19/02/2008	12	3,17	2,83	3,00	3,17	2,08
20/02/2008	13	3,33	4,17	2,33	4,75	3,67
21/02/2008	14	3,67	3,33	3,75	2,08	2,92
22/02/2008	15	5,00	3,58	3,33	3,67	2,67
10/03/2008	16	3,33	3,92	3,75	2,92	4,17
11/03/2008	17	5,00	4,33	4,00	3,33	4,75
12/03/2008	18	2,08	2,42	2,25	3,00	2,67
13/03/2008	19	3,75	3,75	3,17	3,08	3,17
14/03/2008	20	2,50	2,08	3,33	1,25	2,83
17/03/2008	21	1,25	1,50	1,67	2,50	1,67
18/03/2008	22	1,67	0,83	1,25	2,92	2,67
19/03/2008	23	2,83	1,25	1,67	3,58	3,75
20/03/2008	24	2,92	1,83	1,42	2,50	4,58
21/03/2008	25	4,33	4,50	2,17	2,08	2,67

Anexo 15. Datos Tomados de la Humedad en Porcentajes

Datos de Humedad en Porcentaje

Fecha	Muestra N°	9:00 a.m.	10:00 a.m.	11:00 a.m.	12:00 p.m.	13:00 p.m.
		x1	x2	x3	x4	x5
04/02/2008	1	12,9	12,2	12,69	12,05	12,8
05/02/2008	2	10,9	10,9	11,8	11,6	12
06/02/2008	3	12,5	11,8	11,23	12,1	11,1
07/02/2008	4	12,5	10,6	12,5	11,46	11,6
08/02/2008	5	11,8	11,8	12,2	12,9	11,6
11/02/2008	6	12,9	12,7	12,4	12,6	12,1
12/02/2008	7	12,1	13,5	13,3	12,5	11,9
13/02/2008	8	12	11,5	12,3	12,8	12,7
14/02/2008	9	12,13	11,75	12,27	12,14	11,56
15/02/2008	10	12,8	12,5	12,7	11	11,3
18/02/2008	11	12	11,5	11,9	11,8	11,2
19/02/2008	12	12	12,5	12	11,9	12,2
20/02/2008	13	12,3	12,1	12,4	11,8	12,3
21/02/2008	14	12	12,2	12,3	11,7	10,6
22/02/2008	15	11,3	12	12	12,2	12,4
10/03/2008	16	11,7	11	11,5	12	12,8
11/03/2008	17	12,3	12,1	12	12	11,9
12/03/2008	18	12,8	12,26	12,5	12,7	12,5
13/03/2008	19	12	11,7	11,7	12,3	12,05
14/03/2008	20	12,7	12,5	12,4	12,7	12,6
17/03/2008	21	12	12,1	11,8	11,7	11,9
18/03/2008	22	12,6	12,4	12	11,5	12,6
19/03/2008	23	11,5	12	12,7	12,9	12,6
20/03/2008	24	11,5	11,1	11,7	11,8	11,8
21/03/2008	25	12	11,8	11,7	11,5	11,7

Anexo 16. Datos Tomados del Espesor de Tela en Centímetros

Datos de Espesor de Tela en cm

Fecha	Muestra N°	9:00 a.m.	10:00 a.m.	11:00 a.m.	12:00 p.m.	13:00 p.m.
		x1	x2	x3	x4	x5
04/02/2008	1	0,495	0,530	0,470	0,485	0,461
05/02/2008	2	0,495	0,530	0,470	0,485	0,461
06/02/2008	3	0,495	0,530	0,470	0,485	0,461
07/02/2008	4	0,495	0,530	0,470	0,485	0,461
08/02/2008	5	0,472	0,505	0,448	0,485	0,461
11/02/2008	6	0,475	0,505	0,451	0,500	0,434
12/02/2008	7	0,475	0,505	0,451	0,500	0,463
13/02/2008	8	0,475	0,505	0,451	0,455	0,461
14/02/2008	9	0,475	0,505	0,451	0,459	0,461
15/02/2008	10	0,495	0,530	0,470	0,455	0,461
18/02/2008	11	0,480	0,540	0,456	0,495	0,466
19/02/2008	12	0,480	0,540	0,456	0,495	0,466
20/02/2008	13	0,480	0,540	0,456	0,490	0,461
21/02/2008	14	0,480	0,540	0,456	0,490	0,461
22/02/2008	15	0,495	0,550	0,470	0,500	0,461
10/03/2008	16	0,480	0,550	0,456	0,472	0,428
11/03/2008	17	0,480	0,550	0,456	0,472	0,466
12/03/2008	18	0,488	0,555	0,464	0,480	0,466
13/03/2008	19	0,489	0,560	0,465	0,495	0,466
14/03/2008	20	0,480	0,500	0,456	0,495	0,466
17/03/2008	21	0,485	0,550	0,461	0,475	0,480
18/03/2008	22	0,485	0,550	0,461	0,475	0,461
19/03/2008	23	0,480	0,550	0,456	0,478	0,470
20/03/2008	24	0,480	0,550	0,456	0,478	0,470
21/03/2008	25	0,490	0,521	0,466	0,478	0,470

Anexo 17. Guías de Laboratorio para Medición de Humedad

 <p>Sucesores de J. Paredes M. S.A.</p>	DETERMINACION DE HUMEDAD	Revisión: 01
	CONTROL DE CALIDAD	Fecha: 2006-08-14

MATERIALES Y REACTIVOS

- 1 Balanza para determinar la humedad (Moisure Balance)
- 1 Espátula
- 1 Molino
- Fundas

PROCEDIMIENTO

1. Coger una muestra de harina en una funda pequeña.
2. Abrir la tapa de la balanza y colocar los platillos.
3. Tarar la balanza.
4. Coger con la espátula la muestra y colocar alrededor de 0,5 gramos en la balanza (moisure balance).
5. Cerrar la tapa de la balanza.
6. Pulsar STAR, esperar hasta que la balanza de el dato exacto de humedad, esto se verá comprobado con un sonido que emite la misma.
7. Reportar los resultados correspondientes.

Anexo 18. Hoja Recolección de Datos Plan Piloto

HOJA DE RECOLECCION DE DATOS PLAN PILOTO	
LINEA PRODUCCION:	BULHER 600
FORMATO PASTA:	FIDEO FANTASIA
REALIZADO POR:	ADRIAN HOLGUIN WILSON RIVERA

Fecha	Hora	Orden de Muestra	Factor 1 Velocidad del Tunel rpm	Factor 2 Espesor de Tela cm	Factor 3 Velocidad de Estampado rpm	Desperdicio Kg	Humedad %
10/11/2008	8:00	1	250	0,55	185	1,88	12,22
10/11/2008	9:00	2	250	0,55	185	1,78	12,45
10/11/2008	10:00	3	250	0,55	185	1,94	12,38
10/11/2008	11:00	4	250	0,55	185	2,11	12,23
10/11/2008	12:00	5	250	0,55	185	2,03	11,73
10/11/2008	13:00	6	250	0,55	185	1,95	12,50
10/11/2008	14:00	7	250	0,55	185	1,77	12,41
10/11/2008	15:00	8	250	0,55	185	2,17	12,24
11/11/2008	9:00	9	250	0,55	185	1,99	11,73
11/11/2008	10:00	10	250	0,55	185	2,02	12,83
11/11/2008	11:00	11	250	0,55	185	2,00	11,70
11/11/2008	12:00	12	250	0,55	185	1,74	13,04
11/11/2008	13:00	13	250	0,55	185	1,91	12,69
11/11/2008	14:00	14	250	0,55	185	2,80	12,28
12/11/2008	8:00	15	250	0,55	185	1,80	12,25
12/11/2008	9:00	16	250	0,55	185	1,80	11,91
12/11/2008	10:00	17	250	0,55	185	2,13	12,88
12/11/2008	11:00	18	250	0,55	185	1,79	12,21
12/11/2008	12:00	19	250	0,55	185	2,15	12,20
12/11/2008	13:00	20	250	0,55	185	1,76	13,00
12/11/2008	14:00	21	250	0,55	185	1,72	12,15
13/11/2008	12:00	22	250	0,55	185	1,91	12,07
13/11/2008	13:00	23	250	0,55	185	2,00	12,28
13/11/2008	14:00	24	250	0,55	185	1,78	13,09
13/11/2008	15:00	25	250	0,55	185	2,17	13,03
13/11/2008	16:00	26	250	0,55	185	2,09	12,75
13/11/2008	17:00	27	250	0,55	185	1,71	13,04
14/11/2008	11:00	28	250	0,55	185	1,99	12,45
14/11/2008	12:00	29	250	0,55	185	1,84	12,56
14/11/2008	13:00	30	250	0,55	185	2,27	12,09
14/11/2008	14:00	31	250	0,55	185	2,04	13,06
14/11/2008	15:00	32	250	0,55	185	1,99	12,89
14/11/2008	16:00	33	250	0,55	185	2,18	11,79
15/11/2008	9:00	34	250	0,55	185	2,07	12,62
15/11/2008	10:00	35	250	0,55	185	2,01	12,05
15/11/2008	11:00	36	250	0,55	185	2,11	12,43
15/11/2008	12:00	37	250	0,55	185	2,06	12,22
15/11/2008	13:00	38	250	0,55	185	1,83	11,90
15/11/2008	14:00	39	250	0,55	185	1,70	12,32
15/11/2008	15:00	40	250	0,55	185	1,83	13,07

Promedios	250	0,55	185	1,971	12,419
------------------	------------	-------------	------------	--------------	---------------