

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**“APLICACIÓN DEL DISEÑO ROBUSTO DE TAGUCHI PARA
ESTANDARIZAR EL PROCESO PRODUCTIVO DEL ESPÁRRAGO
BLANCO FRESCO EN LA EMPRESA SOCIEDAD AGRÍCOLA VIRÚ
S.A. – VIRÚ”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
INDUSTRIAL**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

AUTORES

Br. CACHAY AGUILAR, DISELLA LIZBETH
Br. ZAVALA GARCÍA, WILLIAM ROBERTO

ASESOR

Ing. TERRONES ROMERO JULIO MILTON

TRUJILLO – PERÚ

Fec. Sust. – 21 de Noviembre del 2019

ACREDITACIONES

TÍTULO: “APLICACIÓN DEL DISEÑO ROBUSTO DE TAGUCHI PARA ESTANDARIZAR EL PROCESO PRODUCTIVO DEL ESPÁRRAGO BLANCO FRESCO EN LA EMPRESA SOCIEDAD AGRÍCOLA VIRU S.A. – VIRÚ”

ELABORADO POR:

Br. Cachay Aguilar Disella Lizbeth
Br. Zavaleta García William Roberto

APROBADO POR:

Ing. López Aguilar Ángel
PRESIDENTE
N° CIP: 21315

Ing. Urcia Cruz Manuel
SECRETARIO
N° CIP: 27703

Ing. Müller Solón José Antonio
VOCAL
N° CIP: 41187

Ing. Terrones Romero Julio Milton
ASESOR
N° CIP: 24877

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

Conforme con las normas establecidas del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada Antenor Orrego, presentamos a continuación la tesis titulada: “APLICACIÓN DEL DISEÑO ROBUSTO DE TAGUCHI PARA ESTANDARIZAR EL PROCESO PRODUCTIVO DEL ESPÁRRAGO BLANCO FRESCO EN LA EMPRESA SOCIEDAD AGRÍCOLA VIRU S.A. – VIRÚ”, elaborada con el fin de obtener el título Profesional de Ingeniero Industrial.

El trabajo de investigación expuesto ha sido desarrollado aplicando conocimientos adquiridos a través de nuestra etapa universitaria, los cuales fueron importantes para el análisis de la realidad estudiada en la empresa Sociedad Agrícola Viru S.A.

Trujillo, Noviembre del 2019

Br. Cachay Aguilar Disella Lizbeth
Br. Zavaleta García William Roberto

DEDICATORIA

La concepción de este informe de tesis está dedicado a nuestros padres, pilares fundamentales de nuestras vidas. Quienes a lo largo de nuestras vidas han velado por nuestro bienestar y educación, demostrando apoyo en todo momento.

A los jóvenes universitarios que día a día luchan por sus sueños.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por protegernos durante todo el camino y darnos fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de nuestras vidas.

A nuestros padres, por su apoyo incondicional, por enseñarnos a no rendirnos ante nada y siempre perseverar hasta lograr nuestros objetivos.

Al Ing. Julio Terrones, asesor de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

A todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de esta tesis.

RESUMEN

Sociedad Agrícola VIRÚ S.A. es una empresa que procesa y empaca productos frescos, entre los cuales se encuentra la palta, arándano y espárrago, siendo este último nuestro objeto de estudio. Durante las visitas a la planta de espárrago fresco y en diálogos con los jefes y supervisores de producción, se llegó a la conclusión de que el principal problema que afronta la empresa es la variabilidad en el contenido del producto debido a la falta de estandarización del proceso productivo. Una vez identificado el problema, mediante la opinión de expertos y el diagrama de Ishikawa, el principal objetivo de la presente investigación fue de estandarizar la línea de producción de espárrago blanco fresco, disminuyendo los factores no controlables(ruido), aplicando el diseño robusto de Taguchi. En el cual se utilizó el arreglo ortogonal L8 haciendo un total de 4 corridas con 32 datos tomados de las distintas muestras en cada visita, se determinó que al combinar un aumento del tiempo de lavado y el tiempo de desinfección y la disminución del tiempo de transporte de fundo a planta y el tiempo de espera después de la respectiva clasificación se logra estandarizar el proceso, según la jefatura de producción en un 15% y 10% respectivamente.

ABSTRACT

Sociedad Agrícola VIRÚ S.A. It is a company that processes and packages fresh products, including avocado, cranberry and asparagus, the latter being our object of study. During the visits to the fresh asparagus plant and in dialogues with the heads and supervisors of production, it was concluded that the main problem facing the company is the variability in the content of the product due to the lack of standardization of the process productive. Once the problem was identified, through the opinion of experts and the Ishikawa diagram, the main objective of the present investigation was to standardize the fresh white asparagus production line, reducing uncontrollable factors (noise), applying the robust design of Taguchi In which the orthogonal arrangement L8 was used making a total of 4 runs with 32 data taken from the different samples at each visit, it was determined that by combining an increase in wash time and disinfection time and decrease in transport time From farm to plant and the waiting time after the respective classification, the process is standardized, according to the production management at 15% and 10% respectively.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de Investigación	1
1.1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.1.2. Formulación del problema	3
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo General	4
1.2.2. Objetivos Específicos	4
1.3. Justificación del estudio	4
1.3.1. Justificación Teórica	4
1.3.2. Justificación Práctica	4
1.3.3. Justificación Económica	4
II. MARCO DE REFERENCIA	5
2.1. Antecedentes del estudio	5
2.1.1. Internacional	5
2.1.2. Nacional	6
2.1.3. Local	7
2.2. Marco Teórico	8
2.2.1. Estandarización de Procesos	8
2.2.2. Metodología Taguchi	9
2.3. Marco Conceptual	14
2.4. Hipótesis	16
2.4.1. Variables e Indicadores	17
III. METODOLOGÍA EMPLEADA	19
3.1. Tipo y nivel de investigación	19
3.2. Población y muestra del estudio	19
3.3. Diseño de Investigación	19
3.4. Técnicas e instrumentos de investigación	19
3.5. Procesamiento y análisis de datos	19

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	20
4.1. Análisis e interpretación de resultados	20
4.1.1. Factores controlables y no controlables del proceso productivo.	20
4.1.2. Definir el arreglo ortogonal Taguchi a utilizar.	22
4.1.3. Recopilar datos de acuerdo al arreglo ortogonal Taguchi.	23
4.1.4. Calcular la razón señal/ruido.	24
4.1.5. Graficar los factores optimizando sus combinaciones	39
4.1.6. Estandarizar el proceso productivo del espárrago blanco fresco	41
V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	44
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Técnicas e instrumentos	19
Tabla 2: Arreglo ortogonal L8	22
Tabla 3: Datos insertados en el arreglo L8	23
Tabla 4: Determinación de la Razón señal/ruido	24
Tabla 5: Promedio de los estadísticos s/r de los valores bajos y altos del factor A	25
Tabla 6: Promedio de los estadísticos s/r de los valores bajos y altos del factor B	26
Tabla 7: Promedio de los estadísticos s/r de los valores bajos y altos del factor C	27
Tabla 8: Promedio de los estadísticos s/r de los valores bajos y altos del factor D	28
Tabla 9: Promedio de los estadísticos s/r de los valores bajos y altos del factor E	29
Tabla 10: Promedio de los estadísticos s/r de los valores bajos y altos del factor F	30
Tabla 11: Promedio de los estadísticos s/r de los valores bajos y altos del factor G	31
Tabla 12: Medias de los estadísticos s/r de cada factor	31
Tabla 13: Promedio de las medias de los valores bajos y altos del factor A	32
Tabla 14: Promedio de las medias de los valores bajos y altos del factor B	33
Tabla 15: Promedio de las medias de los valores bajos y altos del factor C	34
Tabla 16: Promedio de las medias de los valores bajos y altos del factor D	35
Tabla 17: Promedio de las medias de los valores bajos y altos del factor E	36
Tabla 18: Promedio de las medias de los valores bajos y altos del factor F	37
Tabla 19: Promedio de las medias de los valores bajos y altos del factor G	38
Tabla 20: Promedio de las medias de cada factor	38
Tabla 21: Estructura de costos de una caja de espárrago blanco fresco	41
Tabla 22: Arreglo L4 (fracción 2^{3-1})	48
Tabla 23: Arreglo L9 (fracción 2^{4-2})	48
Tabla 24: Arreglo L8 (fracción 2^{7-4})	49
Tabla 25: Arreglo L12 (Plackett-Burman para $k=11$)	49
Tabla 26: Arreglo L18 ($2 \times 3^{7-5}$)	50
Tabla 27: Arreglo L16 ($2 \times 3^{15-11}$)	51

Tabla 28: Razones señal/ruido para los diferentes tipos de variables de respuesta	52
Tabla 29: Datos de espárrago blanco fresco defectuosos en embarques	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Gráfica de efectos principales para Relaciones SR	39
Figura 2: Gráfica de efectos principales para Medias	40
Figura 3: Evolución de las exportaciones peruanas de espárragos	52
Figura 4: Diagrama de Ishikawa	53
Figura 5: Clases de factores de control de acuerdo a su efecto sobre la media (eje X y/o la variabilidad (eje Y)	54
Figura 6: Diagrama de los diferentes tipos de factores en diseño robusto	54
Figura 7: Espárrago blanco fresco en jabas.	57
Figura 8: Máquina de 2 cuerpos para lavar y desinfectar	58
Figura 9: Primer enfriamiento en el primer Hidrocooler	59
Figura 10: Temperatura del primer el Hidrocooler	60
Figura 11: Clasificación del espárrago blanco	61
Figura 12: Temperatura del agua de clasificación	62
Figura 13: Temperatura promedio de un turrón después de clasificación	63
Figura 14: Operación de Destajo y Maquillado	64
Figura 15: Segundo enfriamiento en el segundo Hidrocooler	65
Figura 16: Temperatura promedio de un turrón después del segundo Hidrocooler	66
Figura 17: Proceso de embolsado	67
Figura 18: Proceso de sellado	67
Figura 19: Presentación final de un atado de espárrago blanco fresco	68
Figura 20: Caja de 5kg de espárrago blanco fresco	69
Figura 21: Pallet completo de cajas de espárrago en cámara de producto terminado	70
Figura 22: Manchas marrones en espárrago blanco	71
Figura 23: Cuello y puntas rosada	72
Figura 24: Bases huecas	73
Figura 25: Bases húmedas	74
Figura 26: Bases deshidratadas	75

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de Investigación

1.1.1. Descripción de la realidad problemática

(MINAGRI, Agro Rural, 2018) En el año 2017, indica que “el sector agroindustrial se consolidó como la segunda actividad económica generadora de mayores divisas en el Perú”. Este resultado se debió al crecimiento de nuestras agroexportaciones, principalmente de productos no tradicionales, los cuales incrementaron un 11%, en su valor de exportación. En el grupo de productos anteriormente mencionados, destacan los arándanos rojos, uvas, mangos, paltas y espárragos frescos, los que pasaron de US\$ 3,765 millones en el 2016, a US\$ 4,178 millones, al tercer trimestre del año 2017.

(ComexPerú, 2018) Calcula que para el año 2021 los envíos de productos agrícolas al extranjero estarán por encima de los 10 mil millones de dólares. Según Sunat, en 2017, nuestros envíos al mundo se dividieron en tres categorías: frescos o refrigerados, que representaron el 75% de nuestras exportaciones totales de espárragos; preparados o conservados, sin congelar (18%), y cocidos en agua o vapor, congelados (7%). Por otro lado, conforme al Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri), las principales zonas de producción de nuestro país fueron, Ica (45%) y La Libertad (43%), mientras que el resto se dividió entre Lima, Áncash y Lambayeque. (Ver Figura 1-Anexo)

(Weston, 2013), sostiene que en Estados Unidos existen problemas postcosecha al igual que en el Perú. Afirma que el espárrago es susceptible a una serie de problemas posteriores a la cosecha, todos contribuyendo a la calidad reducción y pérdida de mercado. Los problemas más comunes incluyen:

- Pérdida de la turgencia del turión. Esto se debe a un enfriamiento inadecuado y una mala administración de temperatura / humedad.
- El marchitamiento, que se produce rápidamente a temperaturas superiores a 5°C y humedad relativa inferior a 75%.
- La decoloración del turión se debe a la exposición a altas temperaturas, luz y etileno.
- La tenacidad de los espárragos se debe al desarrollo de células con paredes gruesas que contienen un material llamado lignina. La formación más rápida de fibra ocurre durante las primeras 24 horas.
(p. 47)

Como su mayor comprador de Estados Unidos es Europa, en donde existen requisitos de calidad muy estrictos, necesitan que su producto sea el mejor posible, específicamente “robusto” siguiendo un proceso productivo tipificado.

Existen casos de competencia directa como el de la empresa Danper Trujillo S.A.C. en donde recibieron reclamos por la mala calidad de su espárrago, debido a las variaciones que presenta su proceso productivo. Esto no solo se vio en el producto terminado en línea (con rajaduras notables), sino también una vez llegado a destino, presentando un 40% de manchas marrones y 20% de hongos en las bases.

Por otro lado, tenemos la empresa TAL S.A. en su línea de producción, presenta variabilidad en la cadena de frío, causando rajaduras transversales y longitudinales en un 14%, así como también 4% en turiones quebrados. En algunas ocasiones, la temperatura en el almacén de producto terminado era muy baja, lo que producía que el porcentaje de turiones quebrados aumentará en un 5%. Esto nos dice que este problema no solo afecta a la empresa en la que estamos realizando nuestro estudio. Sociedad Agrícola VIRÚ S.A. es una compañía moderna, cuya visión es ser el productor preferido de alimentos de calidad Premium y marcas reconocidas mundialmente. Actualmente, cuenta con distintas certificaciones. Esta empresa procesa y empaca productos frescos, entre

los cuales se encuentra la palta, arándano y espárrago; siendo este último uno de los productos que va creciendo significativamente con un aumento de producción del 6% en el 2018. En la producción de espárrago se encuentra uno de los mayores problemas que presenta la empresa en general, dado que los reclamos de este producto abarcan el 21% del total de reclamos a nivel de empresa y el 65% del total de reclamos a nivel de producción de espárrago. Esto puede deberse a distintas causas, para lo cual se tomaron opiniones de expertos en el tema para poder atacar la principal causa que desencadena este problema. Mediante el análisis de causa efecto de Ishikawa (Ver Figura 2-Anexo) se tomó en cuenta la mano de obra, el método, la maquinaria y el material.

Las causas del problema de la variabilidad del contenido del producto son: falta de capacitación a los empleados, falta de estandarización del proceso productivo y falta de mantenimiento a la maquinaria, por lo cual concluimos que la principal causa radica en el método, específicamente en la falta de estandarización del proceso productivo del espárrago blanco fresco.

Los efectos de las causas generan los reclamos por parte de los clientes extranjeros conllevando a la pérdida de ellos; las devoluciones del producto y la compra innecesaria de maquinaria por parte de la empresa que incurriría en gastos extras. Esto significa que cada operación a lo largo del proceso ha sido evaluada para poder encontrar los puntos débiles y poder mejorarlo.

1.1.2. Formulación del problema

¿La aplicación del diseño Robusto de Taguchi estandarizará el proceso productivo del espárrago blanco fresco en la empresa Sociedad Agrícola VIRÚ S.A.?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Aplicar el diseño robusto de Taguchi para estandarizar el proceso productivo de espárrago blanco fresco en la empresa Sociedad Agrícola VIRÚ S.A.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar los factores controlables y no controlables del proceso productivo.
- Definir el arreglo ortogonal Taguchi a utilizar.
- Recopilar datos de acuerdo al arreglo ortogonal Taguchi.
- Calcular la razón señal/ruido.
- Graficar los factores optimizando sus combinaciones
- Estandarizar el proceso productivo del espárrago blanco fresco.

1.3. Justificación del estudio

1.3.1. Justificación Teórica

En el presente estudio se aplicará la teoría del Sistema Robusto de Taguchi para solucionar el problema de variabilidad del proceso productivo de espárrago blanco fresco

1.3.2. Justificación Práctica

Se pretende que Sociedad Agrícola VIRÚ S.A. utilice la estandarización como una propuesta de crecimiento empresarial.

1.3.3. Justificación Económica

Se aspira que los ingresos productivos y monetarios aumenten una vez implementada la propuesta.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Internacional

(Zapata Gómez & Sarache Castro, 2014), en su tesis "*Mejoramiento de la calidad del café soluble utilizando el método Taguchi*", nos dice que con el fin de mejorar la calidad de los productos es necesario el mejoramiento de los procesos. Esto se puede lograr mediante la realización de experimentos que permitan establecer las características de calidad e implantar condiciones de operación bajo control. En la elaboración de café soluble, el método Taguchi no ha sido utilizado de forma generalizada, es posible por la complejidad del mismo y por las particulares del proceso.

El método facilitó la experimentación con factores no controlables, la depuración de las variables del proceso de producción de café soluble que afectaban sus resultados y la evaluación cuantitativa de la pérdida de calidad debido a variaciones funcionales. En forma adicional, los resultados ofrecen información valiosa para las empresas del sector, que les permite abordar proyectos de mejoramiento de la calidad en este tipo de procesos.

Este trabajo nos contribuye en gran parte a que nos explica como aplicando el método del diseño robusto de Taguchi se logra identificar las 3 variables de ruido que eran las de gran influencia que en este caso fueron: el tipo de secado, la temperatura de la extracción y el tamaño del grano de café. En la experimentación se pudo determinar que el factor que se debe controlar para optimizar la taza de café fue el volumen de filtración de compuestos incoloros contenidos en el agua potable, después de todo lo analizado se registra el proceso que debe seguir, estandarizando su línea de producción. De esta manera nos explica cómo se puede elaborar un producto robusto como el café y en nuestro caso como el espárrago, puesto que ambos son productos que las personas pueden consumir.

2.1.2. Nacional

(Velarde, 2016), en su tesis *“Determinación de parámetros en la elaboración de queso fresco tipo paria con adición de hidrocoloides para incrementar el rendimiento empleando el método taguchi y superficie de respuesta”* sobre la producción de queso y los parámetros que son necesario evaluar para que el producto salga con la mejor calidad posible. Vilca nos dice que determinó los siguientes parámetros para la elaboración de queso tipo paria con adición de tres tipos de hidrocoloides: Temperatura de pasteurización 75 °C, Tiempo de pasteurización 01 minuto, Temperatura de inoculación 30 °C, Tiempo de incubado 40 minutos, Conservante 0.01 %, Mezcla de Hidrocoloides 0.03 %, Cuajo Hansen: 0.02 %, Cloruro de calcio 0.6 %, Cloruro de sodio 2.5 %. Obteniendo un rendimiento máximo de 14 %. Para su logro se realizó una mezcla de hidrocoloides de 07 tratamientos, el tratamiento 05 obtuvo una mezcla óptima: Carragenina 16 %, CMC 66 % y Goma Xantan de 16 %; con el método taguchi L8 (08 tratamientos) se optimizó el proceso con el tratamiento 05 con 15.1 % y el diseño de superficie de respuesta (09 tratamientos) concluyó con el tratamiento 04 con 14 %, de rendimiento máximo.

En la tesis antes mencionada se nos brinda la información de los porcentajes exactos una vez realizado el diseño de Taguchi y también los pasos que se debe seguir en el desarrollo de este. En el caso de Velarde, siendo el queso un producto que se puede ingerir, se debe tener mucho cuidado, no solo por la salud, sino también por los gustos y preferencias de los clientes. Una vez culminada su investigación, hizo degustar a diferentes jueces para poder saber si el producto ya mejorado era de su agrado. Además, debido a que las cantidades exactas no se cambiarán a lo largo del proceso productivo, se logra una estandarización. En este caso, en el proceso productivo del espárrago se debe tomar en cuenta las especificaciones de los clientes, dado que los consumidores principales se encuentran en Europa.

2.1.3. Local

(Cerna, Carranza Cabrera, & Siche Jara, 2014), en su tesis "*Optimización de la aceptabilidad de un pan integral de chía (Salvia hispánica L.) Mediante la metodología de Taguchi*", La optimización se realizó aplicando la metodología de Taguchi. Se elaboraron cuatro tratamientos teniendo en cuenta tiempo de cocción de 10 min y 25 min; y concentración de semilla de chía de 3% y 10%. Se evaluó la percepción de los consumidores en cuanto al color, textura, sabor y aspecto general del pan integral de chía, esta percepción fue medida utilizando una prueba afectiva mediante una escala no estructurada de 10 puntos, donde "1 = muy agradable hasta 10 = muy desagradable". El análisis estadístico permitió comprobar que el factor concentración de semilla de chía tiene efecto significativo en el color, textura y aspecto general ($p < 0.05$), pero no tenía influencia alguna en el sabor del producto final; mientras que el tiempo de cocción, mostró efecto significativo en la textura, sabor y aspecto general, pero no tuvo efecto alguno sobre el color del producto final. También se evaluó la interacción de ambos factores, el cual resultó significativo para el color, textura, sabor y aspecto general ($p < 0.05$). Finalmente se evaluó la combinación óptima de las variables independientes para obtener el mejor pan integral. El resultado fue que a una concentración de semilla de chía del 3% y un tiempo de cocción de 10 minutos se obtiene un pan integral de semilla de chía de alta aceptabilidad.

En el trabajo de Cerna, Carranza y Siche, nos da un gran aporte cuando nos describen su estandarización más importante en la producción de pan integral, dado que las evaluaciones que realizaron concluyeron en 2 grandes puntos, que fueron la concentración de semilla (que debe ser de 3%) y el tiempo de cocción (que debe ser de 10 minutos). Esto se reflejó en la aceptación del público.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Estandarización de Procesos

(Martínez, 2005), La estandarización es vital para el crecimiento de la empresa. Lo importante es llevarla a cabo de una manera adecuada a las necesidades de las pequeñas empresas.

Un proceso que mantiene las mismas condiciones produce los mismos resultados. Por tanto, si se desea obtener los resultados esperados consistentemente, es necesario estandarizar las condiciones, incluyendo materiales, maquinaria y equipo, métodos y procedimientos y el conocimiento y habilidad de la gente.

Si se quiere lograr una estandarización efectiva, es necesario que todos los miembros del proceso participen en la selección y documentación de un método, así como también que reciban la capacitación necesaria.

Los aspectos clave de los estándares se muestran a continuación:

- Representan la forma más fácil, segura y mejor de hacer un trabajo.
- Ofrecen la mejor forma de preservar el conocimiento y la experiencia.
- Proveer una forma de medir el desempeño.
- Muestran la relación entre causa y efecto.
- Suministran una base para mantenimiento y mejoramiento.
- Proveen objetivos e indican metas de entrenamiento.
- Proveen una base para diagnóstico y auditoría.
- Proveen medios para prevenir la recurrencia de errores y minimizan la variación.

2.2.2. Metodología Taguchi

2.2.2.1. Filosofía de Taguchi

(Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008), Taguchi establece que la calidad de un producto debe ser medida en términos de vencer al exíguo las pérdidas que ese producto le trae a la sociedad, desde el inicio de su ciclo de vida hasta que concluye; estas pérdidas se traducen en pérdidas de la empresa en el mediano y largo plazos. Asimismo, no se plantea el enfoque al fabricante, sino al cliente (sociedad). Taguchi retoma el concepto del control de calidad fuera de línea (off line QC), planteando que el control del proceso y la inspección no son suficientes para alcanzar una calidad con un nivel muy competitivo, y que los niveles elevados de calidad sólo pueden obtenerse, en términos económicos, en las fases de diseño.

El objetivo del diseño robusto de parámetros es alcanzar procesos y productos robustos frente a las causas de la variabilidad (ruidos), que hacen que las características funcionales de los productos se alejen de sus valores óptimos provocando costos de calidad.

El concepto parámetro se refiere a los parámetros del sistema, es decir, son los factores o variables del proceso. Decimos que un producto o proceso es robusto cuando su funcionamiento es consistente al exponerse a las condiciones cambiantes del medio.

La metodología Taguchi establece tres objetivos:

1. Diseños robustos (insensibles) ante el medio ambiente para productos y procesos.
2. Diseño y desarrollo de productos, de manera que sean robustos a la variación de componentes.
3. Minimización de las variaciones con respecto a un valor objetivo.

Estos tres objetivos se formalizan en tres etapas del desarrollo de un producto:

1. Diseño del sistema: el ingeniero utiliza principios científicos y de ingeniería para determinar la configuración básica.
2. Diseño de parámetros: se determinan los valores específicos para los parámetros del sistema, minimizando la variabilidad aportada por las variables de ruido.
3. Diseño de tolerancias: se determinan las mejores tolerancias para los parámetros.

2.2.2.2. El Concepto de Robustez

(Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008). Un diseño robusto es un experimento en el cual existen factores de ruido (no controlables), considerados de manera explícita o implícita, cuyo efecto se procura minimizar de forma indirecta, esto quiere decir, sin controlarlo directamente, con el fin de encontrar la combinación de niveles de los factores de proceso que sí se pueden controlar, y en donde el efecto de dichos factores de ruido es mínimo. En otras palabras, en un experimento robusto se trata de lograr que el producto/proceso tenga el desempeño deseado sin que le afecten las fuentes de variación no controladas. El objetivo principal de un diseño robusto es determinar la combinación de niveles de los factores controlables, en donde los factores de ruido no afecten al proceso, aunque estos últimos no se controlen. El significado de la palabra robusto es de hacer el proceso o producto insensible o resistente a factores de ruido que no está en nuestras manos controlar. A continuación, ilustraremos el concepto de robustez con algunos ejemplos sobre el diseño de artículos de uso común.

2.2.2.3. Factores de Control

(Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008). En un proceso existen básicamente dos tipos de factores: controlables y no controlables (o de ruido). Por lo regular, los factores de estudio eran controlables. Sin embargo, en diseño robusto es conveniente tener una clasificación más detallada del tipo de factores controlables que

pueden influenciar el proceso, en cuanto a su efecto sobre la media y la variabilidad de la respuesta de interés.

Se distinguen cuatro tipos de factores, a saber:

1. Afecta la media y la variabilidad.
2. Afecta sólo la variabilidad.
3. Afecta sólo la media.
4. No afecta la media ni la variabilidad.

Cuando en el diseño clásico se afirma que un factor tiene efecto sobre la respuesta, por lo general se quiere decir que el factor tiene efecto sobre la media de la característica de calidad. En cambio, en el diseño robusto se tiene más presente que el efecto de un factor también puede ser sobre la variabilidad, o sobre la media y la variabilidad de manera simultánea. El factor clase I afecta a la media y a la variabilidad, la clase II sólo a la variabilidad, la clase III afecta sólo a la media y la clase IV no afecta a ninguna de las dos. (Ver Figura 3-Anexo).

2.2.2.4. Factor Señal

(Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008). Muchos productos están diseñados para trabajar en diferentes niveles de desempeño y de acuerdo a los deseos del usuario o consumidor. En otras palabras, el usuario puede elegir la señal (o valor promedio de la respuesta) que desea en un momento dado del producto. Se llama factor señal al dispositivo que permite cambiar el nivel de operación de acuerdo a los deseos del usuario.

En cualquier caso, se trata de lograr que el dispositivo proporcione la señal o tenga el desempeño con la calidad que el usuario espera. Note que el factor señal permite cambiar el valor de la media de la característica de calidad, y es deseable que la variabilidad en cada nivel de operación sea mínima. Es decir, el producto debe ser

robusto en cada nivel del factor señal. Cabe aclarar que hay muchos productos que no cuentan con un dispositivo para que el usuario elija cierto nivel de desempeño, y en ese caso no existe tal factor señal

2.2.2.5. Factor Ruido

(Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008). Los factores de ruido que actúan sobre el producto o sobre el proceso se clasifican como: de ruido externo, ruido interno y de deterioro. El ruido externo se refiere al ambiente en el cual el proceso (o producto) se desempeña y a la carga de trabajo a que es sometido. Por ejemplo, es ruido externo la humedad ambiental, el polvo o los errores en la operación del equipo.

El ruido interno se refiere a la variación generada por el proceso de unidad a unidad producida, y que se debe a su propia naturaleza o tecnologías y la diversidad de sus componentes. El deterioro se refiere a efectos que aparecen poco a poco con el tiempo por la degradación paulatina del proceso y sus componentes, que pueden causar la aparición de fallas en el proceso/producto. (Ver Figura 4-Anexo)

2.2.2.6. Tipos de Estudios de Robustez

(Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008). Los estudios de robustez se clasifican utilizando como criterios al tipo de variable de respuesta y la existencia o ausencia de factores de señal. Una variable de respuesta puede ser de tres tipos:

- Entre más pequeña mejor: Son variables o características de calidad cuya única exigencia es que no excedan cierto valor máximo tolerado o especificación superior (ES), y entre más pequeño sea su valor mejor. Por ejemplo: porcentaje de impurezas en una sustancia o la cantidad de sustancias tóxicas en un producto alimenticio.

- Entre más grande mejor. Son variables o características de calidad a las que se les exige que sean mayores que un valor mínimo o que cierta especificación inferior (EI), y entre más grande sea el valor de la variable es mejor. Por ejemplo, la resistencia de una pieza de plástico inyectado o la “blancura” de una tela de color blanco.
- Valor nominal es el mejor. Variables que deben tener un valor específico y que, por lo tanto, no deben ser menores que una especificación inferior (EI), pero tampoco mayores que una superior (ES). Ejemplos de este tipo de características de calidad con doble especificación son el diámetro interior de una tuerca y la longitud de una pieza para ensamble.

2.2.2.7. Arreglos Ortogonales

(Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008). Los arreglos ortogonales son diseños propuestos por Taguchi que, como su nombre lo indica, tienen la propiedad de ortogonalidad, misma que también poseen los diseños factoriales clásicos. Estos arreglos son diseños factoriales completos, fraccionados o mixtos, dependiendo del número de factores a estudiar en un caso particular. Por ejemplo, el arreglo ortogonal L8 (AO_L8) tiene ocho corridas experimentales, y con él se pueden estudiar desde dos hasta siete factores en dos niveles cada uno. Los arreglos más frecuentes son:

- Arreglo L4 (Ver Tabla 22-Anexo)
- Arreglo L9 (Ver Tabla 23-Anexo)
- Arreglo L8 (Ver Tabla 24-Anexo)
- Arreglo L12 (Ver Tabla 25-Anexo)
- Arreglo L18 (Ver Tabla 26-Anexo)
- Arreglo L16 (Ver Tabla 27-Anexo)

Si se estudian siete factores equivale a un diseño factorial fraccionado 2_{III}^{7-3} , mientras que con dos factores sería una factorial completa 2^2 con dos réplicas. Para menos de siete factores es

necesario saber a cuáles columnas del arreglo deben asignarse los factores, para tener la estructura alias que permita estudiar lo más claro posible a esos factores.

2.2.2.8. Razón Señal/Ruido

(Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008). Para el análisis del diseño con arreglo interno y externo, Taguchi propone un estadístico de desempeño, al cual le llama cociente o razón señal/ruido (signal to noise ratio), que se calcula en cada combinación de los factores controlables (señal) y no controlables (ruido), esto se analiza como cualquier variable de respuesta. La combinación más robusta de los niveles de los factores controlables es aquella que maximiza el estadístico razón señal/ruido. De acuerdo con el tipo de característica de calidad, el estadístico razón señal/ ruido se define de acuerdo a la (Ver Tabla 28-Anexo).

2.3. Marco Conceptual

- **Proceso**

(Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008). Procesamiento o conjunto de operaciones a que se somete una cosa para elaborarla o transformarla.

- **Calidad**

(Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008). Conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permite caracterizarla y valorarla con respecto a las restantes de su especie.

- **Parámetro**

(Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008). Son los factores o variables del proceso.

- **Deterioro**
(Aseguramiento de la Calidad, 2018). Efectos que aparecen poco a poco con el tiempo por la degradación del proceso, y pueden llegar a causar fallas.
- **Espárrago**
(Aseguramiento de la Calidad, 2018). Producto natural de textura carnosa y firme, con un aroma intenso, un sabor ligeramente dulce que requiere una mayor exposición a la luz solar para obtener un color verdoso.
- **Cloro**
(Aseguramiento de la Calidad, 2018). Elemento químico de número atómico 17 situado en el grupo de los halógenos, se emplea para potabilizar el agua de consumo disolviéndolo en la misma; también tiene otras aplicaciones como oxidantes, blanqueadoras y desinfectantes.
- **Ácido Peracético**
(Aseguramiento de la Calidad, 2018). Solución de equilibrio cuaternaria (ácido acético, ácido peracético, peróxido de hidrógeno y agua). Su uso como agente oxidante para el proceso de desinfección en agua surge debido a su marcado poder oxidante y su amplio espectro biocida aun en presencia de materia orgánica.
- **Agua Potable**
(Aseguramiento de la Calidad, 2018). El agua potable, es agua que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades.

- **Sparrowash**
(Aseguramiento de la Calidad, 2018). Detergente concentrado de alta alcalinidad para todo tipo de aguas, es utilizado para el lavado de frutas y vegetales en estanques o en sistemas continuados.
- **Lavado**
(Aseguramiento de la Calidad, 2018). Operación de limpieza para remoción de suciedad mediante el uso de agua o solución destinada para este fin.
- **Desinfección**
(Aseguramiento de la Calidad, 2018). Es la reducción o eliminación de bacterias patógenas.
- **Minitab**
(Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008). Paquete estadístico que permite aplicar una gran variedad de técnicas estadísticas para el análisis de datos de diversa índole.

2.4. Hipótesis

La aplicación del diseño robusto de Taguchi permitirá estandarizar el proceso productivo del espárrago blanco fresco en la empresa Sociedad Agrícola VIRÚ S.A. – Virú.

2.4.1. Variables e Indicadores

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
DISEÑO ROBUSTO DE TAGUCHI	Herramienta que busca obtener un producto que minimice la acción de factores no controlables con una propiedad específica	Consiste en determinar los factores controlables y no controlables del proceso productivo para definirlos a través de un arreglo ortogonal, a esto se suma la recopilación de datos, donde se calcula la razón señal/ruido, finalmente estos factores son optimizados a través de combinaciones.	Factores controlables y no controlables	Listado de factores	Nominal
			Arreglo ortogonal	Matriz ortogonal	Ordinal
			Recopilación de datos	Matriz de datos	Ordinal
			Razón (señal/ruido)	S / R	Ordinal
			Optimización de combinaciones	Gráfica	Ordinal

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE ESPÁRRAGO BLANCO FRESCO	Proceso de elaborar, aplicar y mejorar las normas que se aplican a distintas actividades científicas, industriales o económicas, con el fin de ordenarlas y mejorarlas.	Consiste en unificar los procedimientos tratados fin de consolidarlo en proceso productivo controlable.	Estandarización del proceso	Matriz de resultados	Nominal

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

- **Tipo:** Aplicado
- **Nivel:** Descriptivo

3.2. Población y muestra del estudio

- **Población**

Todas las líneas de producción de la Sociedad Agrícola VIRÚ S.A. (palta, espárrago verde, espárrago blanco, arándano, alcachofa, mango).

- **Muestra**

Se utilizó el muestreo No Probabilístico por conveniencia y se obtuvo como muestra la Línea de producción de espárrago blanco fresco.

3.3. Diseño de Investigación

No experimental Transversal

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

Tabla 1

Técnicas e instrumentos

Técnica	Instrumento
Observación	Guía de Observación
Entrevista	Guía de entrevista
Análisis documental	Lista de cotejo

3.5. Procesamiento y análisis de datos

- **Minitab:** Nos permitirá aplicar una gran variedad de técnicas estadísticas para el análisis de datos.
- **MS Excel:** Se utilizará para registrar una base de datos de las pruebas a realizar.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados

Una vez recogida, registrada y organizada la información del trabajo de campo, se procedió con el análisis de los planteamientos teóricos propuestos.

4.1.1. Factores controlables y no controlables del proceso productivo.

Los factores controlables y no controlables fueron elegidos de acuerdo a la importancia y a la influencia de cada uno de ellos dentro de todo el proceso productivo. Con la opinión de expertos a través de una guía de entrevista se pudo definir los siguientes factores:

Factores Controlables

- **Tiempo de espera después de clasificación:** Tiempo entre la clasificación de espárragos y el proceso de destajo. El tiempo de esta operación depende de la cantidad de toneladas por producir.
- **Tiempo de transporte de fondo a planta:** El tiempo que se demora el termoquin en transportar la carga de espárrago desde el campo hasta la planta. El tiempo aproximado de esta operación es de 40 minutos.
- **Tiempo de desinfección:** Tiempo que se demora el espárrago en la tina que contiene agua y cloro. Este tiempo está directamente relacionado con el tipo de fondo.
- **Temperatura en la cámara de Producto Terminado**
- **Tiempo de descarga del producto:** Tiempo que se demora el personal en descargar las jabas de espárrago del termoquin

- **Tiempo de paletizado:** Tiempo que se emplea para apilar las jabas ya lavadas y desinfectadas.
- **Tiempo de lavado:** Tiempo que se emplea para retirar la arenilla impregnada en el espárrago para su posterior desinfección.

Factores No Controlables

- **Temperatura del agua de la tina:** Temperatura en la que se encuentra el agua de la tina de lavado y desinfección, que proviene de un pozo independiente.
- **Defectos de campo del espárrago:** Defectos generales que se presentan en los espárragos cosechados y puestos en las jabas, tales como: puntas rosadas, cuello rosado, rajados, quebrados.
- **Temperatura homogénea del turión en el termoquin:** La temperatura no es homogénea, debido a que el turión ubicado en la parte superior del termoquin no recibe la misma temperatura del que está ubicado en la parte inferior.

4.1.2. Definir el arreglo ortogonal Taguchi a utilizar.

Tabla 2

Arreglo ortogonal L8

							FACTORES DE RUIDO				
							K	1	1	2	2
							L	1	2	1	2
							M	1	2	2	1
FACTORES CONTROLABLES											
A	B	C	D	E	F	G					
1	1	1	1	1	1	1					
1	1	1	2	2	2	2					
1	2	2	1	1	2	2					
1	2	2	2	2	1	1					
2	1	2	1	2	1	2					
2	1	2	2	1	2	1					
2	2	1	1	2	2	1					
2	2	1	2	1	1	2					

Dado el número de factores controlables y no controlables coincide con la sugerencia de Taguchi con el arreglo L8, con la matriz anteriormente presentada.

4.1.3. Recopilar datos de acuerdo al arreglo ortogonal Taguchi.

Tabla 3

Datos insertados en el arreglo L8

							FACTORES DE RUIDO				
							K	1	1	2	2
							L	1	2	1	2
							M	1	2	2	1
FACTORES CONTROLABLES											
A	B	C	D	E	F	G					
1	1	1	1	1	1	1	273	326	256	283	
1	1	1	2	2	2	2	252	289	312	315	
1	2	2	1	1	2	2	329	271	262	271	
1	2	2	2	2	1	1	272	311	326	302	
2	1	2	1	2	1	2	313	252	303	300	
2	1	2	2	1	2	1	288	297	262	305	
2	2	1	1	2	2	1	321	335	329	283	
2	2	1	2	1	1	2	305	272	316	333	

Los datos presentados fueron el resultado de una recopilación de embarques que presentaron los mayores porcentajes de defectos tal como se muestra en la Tabla 29 (Ver Anexo).

4.1.4. Calcular la razón señal/ruido.

Como se detalló anteriormente en el punto 2.2.2.8 de nuestro marco teórico, la fórmula más conveniente a utilizar para determinar la razón señal/ruido es la que se muestra a continuación.

Tabla 4

Determinación de la Razón señal/ruido

							FACTORES DE RUIDO				Media	Desviación estandar	Razón señal/Ruido	
							K	1	1	2				2
							L	1	2	1				2
							M	1	2	2				1
FACTORES CONTROLABLES										\bar{x}	S	$10 \log_{(10)}(y^2/s^2)$		
A	B	C	D	E	F	G								
1	1	1	1	1	1	1	273	326	256	283	284.5	29.8	19.59	
1	1	1	2	2	2	2	252	289	312	315	292.0	29.1	20.03	
1	2	2	1	1	2	2	329	271	262	271	283.3	30.8	19.27	
1	2	2	2	2	1	1	272	311	326	302	302.8	22.8	22.48	
2	1	2	1	2	1	2	313	252	303	300	292.0	27.2	20.60	
2	1	2	2	1	2	1	288	297	262	305	288.0	18.7	23.76	
2	2	1	1	2	2	1	321	335	329	283	317.0	23.4	22.64	
2	2	1	2	1	1	2	305	272	316	333	306.5	25.7	21.52	

La relación de señal a ruido mide cómo varía la respuesta en relación con el valor nominal

DETERMINAR PROMEDIOS DE LOS ESTADISTICOS S/R DE LOS VALORES BAJOS Y ALTOS DE CADA FACTOR

Tabla 5

Promedio de los estadísticos s/r de los valores bajos y altos del factor A.

							FACTORES DE RUIDO				Media	Desviación estandar	Razón señal/Ruido		
							K	1	1	2				2	
							L	1	2	1				2	
							M	1	2	2	1	\bar{x}	S	$10 \log_{(10)}(y^2/s^2)$	
FACTORES CONTROLABLES															
A	B	C	D	E	F	G									
1	1	1	1	1	1	1	273	326	256	283	284.5	29.83	19.59	20.34	
1	1	1	2	2	2	2	252	289	312	315	292.0	29.09	20.03		
1	2	2	1	1	2	2	329	271	262	271	283.3	30.79	19.27		
1	2	2	2	2	1	1	272	311	326	302	302.8	22.77	22.48		
2	1	2	1	2	1	2	313	252	303	300	292.0	27.24	20.60	22.13	
2	1	2	2	1	2	1	288	297	262	305	288.0	18.67	23.76		
2	2	1	1	2	2	1	321	335	329	283	317.0	23.38	22.64		
2	2	1	2	1	1	2	305	272	316	333	306.5	25.72	21.52		

El promedio de la razón señal/ruido de los valores bajos (1) es 20.34 y de los valores altos (2) es 22.13.

Tabla 6

Promedio de los estadísticos s/r de los valores bajos y altos del factor B.

FACTORES CONTROLABLES							FACTORES DE RUIDO				Media	Desviación estandar	Razón señal/Ruido	
							K	1	1	2				2
							L	1	2	1				2
							M	1	2	2				1
A	B	C	D	E	F	G				\bar{X}	S	$-10 \log_{(10)}(y^2/s^2)$		
1	1	1	1	1	1	1	273	326	256	283	284.5	29.83	19.59	
1	1	1	2	2	2	2	252	289	312	315	292.0	29.09	20.03	
1	2	2	1	1	2	2	329	271	262	271	283.3	30.79	19.27	
1	2	2	2	2	1	1	272	311	326	302	302.8	22.77	22.48	
2	1	2	1	2	1	2	313	252	303	300	292.0	27.24	20.60	
2	1	2	2	1	2	1	288	297	262	305	288.0	18.67	23.76	
2	2	1	1	2	2	1	321	335	329	283	317.0	23.38	22.64	
2	2	1	2	1	1	2	305	272	316	333	306.5	25.72	21.52	

21.00

21.48

Tabla 7

Promedio de los estadísticos s/r de los valores bajos y altos del factor C.

FACTORES CONTROLABLES							FACTORES DE RUIDO				Media	Desviación estandar	Razón señal/Ruido	
							K	1	1	2				2
							L	1	2	1				2
							M	1	2	2				1
A	B	C	D	E	F	G				\bar{x}	S	$-10 \log_{(10)}(y^2/s^2)$		
1	1	1	1	1	1	1	273	326	256	283	284.5	29.83	19.59	
1	1	1	2	2	2	2	252	289	312	315	292.0	29.09	20.03	
1	2	2	1	1	2	2	329	271	262	271	283.3	30.79	19.27	
1	2	2	2	2	1	1	272	311	326	302	302.8	22.77	22.48	
2	1	2	1	2	1	2	313	252	303	300	292.0	27.24	20.60	
2	1	2	2	1	2	1	288	297	262	305	288.0	18.67	23.76	
2	2	1	1	2	2	1	321	335	329	283	317.0	23.38	22.64	
2	2	1	2	1	1	2	305	272	316	333	306.5	25.72	21.52	

20.95

21.53

Tabla 8

Promedio de los estadísticos s/r de los valores bajos y altos del factor D.

							FACTORES DE RUIDO				Media	Desviación estandar	Razón señal/Ruido	
							K	1	1	2				2
							L	1	2	1				2
							M	1	2	2	1	\bar{X}	S	$-10 \log_{(10)}(y^2/s^2)$
FACTORES CONTROLABLES														
A	B	C	D	E	F	G								
1	1	1	1	1	1	1	273	326	256	283	284.5	29.83	19.59	20.53
1	1	1	2	2	2	2	252	289	312	315	292.0	29.09	20.03	
1	2	2	1	1	2	2	329	271	262	271	283.3	30.79	19.27	21.95
1	2	2	2	2	1	1	272	311	326	302	302.8	22.77	22.48	
2	1	2	1	2	1	2	313	252	303	300	292.0	27.24	20.60	21.95
2	1	2	2	1	2	1	288	297	262	305	288.0	18.67	23.76	
2	2	1	1	2	2	1	321	335	329	283	317.0	23.38	22.64	21.95
2	2	1	2	1	1	2	305	272	316	333	306.5	25.72	21.52	

Tabla 9

Promedio de los estadísticos s/r de los valores bajos y altos del factor E.

FACTORES CONTROLABLES							FACTORES DE RUIDO				Media	Desviación estandar	Razón señal/Ruido	
							K	1	1	2				2
							L	1	2	1				2
							M	1	2	2				1
A	B	C	D	E	F	G				\bar{x}	S	$-10 \log_{(10)}(y^2/s^2)$		
1	1	1	1	1	1	1	273	326	256	283	284.5	29.83	19.59	
1	1	1	2	2	2	2	252	289	312	315	292.0	29.09	20.03	
1	2	2	1	1	2	2	329	271	262	271	283.3	30.79	19.27	
1	2	2	2	2	1	1	272	311	326	302	302.8	22.77	22.48	
2	1	2	1	2	1	2	313	252	303	300	292.0	27.24	20.60	
2	1	2	2	1	2	1	288	297	262	305	288.0	18.67	23.76	
2	2	1	1	2	2	1	321	335	329	283	317.0	23.38	22.64	
2	2	1	2	1	1	2	305	272	316	333	306.5	25.72	21.52	

Tabla 10

Promedio de los estadísticos s/r de los valores bajos y altos del factor F.

							FACTORES DE RUIDO				Media	Desviación estandar	Razón señal/Ruido		
							K	1	1	2				2	
							L	1	2	1				2	
							M	1	2	2	1	\bar{x}	S	$-10 \log_{(10)}(y^2/s^2)$	
FACTORES CONTROLABLES															
A	B	C	D	E	F	G									
1	1	1	1	1	1	1	273	326	256	283	284.5	29.83	19.59	21.05	
1	1	1	2	2	2	2	252	289	312	315	292.0	29.09	20.03		
1	2	2	1	1	2	2	329	271	262	271	283.3	30.79	19.27		
1	2	2	2	2	1	1	272	311	326	302	302.8	22.77	22.48	21.43	
2	1	2	1	2	1	2	313	252	303	300	292.0	27.24	20.60		
2	1	2	2	1	2	1	288	297	262	305	288.0	18.67	23.76		
2	2	1	1	2	2	1	321	335	329	283	317.0	23.38	22.64	21.52	
2	2	1	2	1	1	2	305	272	316	333	306.5	25.72	21.52		

Tabla 11

Promedio de los estadísticos s/r de los valores bajos y altos del factor G.

							FACTORES DE RUIDO				Media	Desviación estandar	Razón señal/Ruido	
							K	1	1	2				2
							L	1	2	1				2
							M	1	2	2	1			
FACTORES CONTROLABLES											\bar{x}	s	$-10 \log_{(10)}(y^2/s^2)$	
A	B	C	D	E	F	G								
1	1	1	1	1	1	1	273	326	256	283	284.5	29.83	19.59	
1	1	1	2	2	2	2	252	289	312	315	292.0	29.09	20.03	
1	2	2	1	1	2	2	329	271	262	271	283.3	30.79	19.27	
1	2	2	2	2	1	1	272	311	326	302	302.8	22.77	22.48	
2	1	2	1	2	1	2	313	252	303	300	292.0	27.24	20.60	
2	1	2	2	1	2	1	288	297	262	305	288.0	18.67	23.76	
2	2	1	1	2	2	1	321	335	329	283	317.0	23.38	22.64	
2	2	1	2	1	1	2	305	272	316	333	306.5	25.72	21.52	

Tabla 12

Medias de los estadísticos s/r de cada factor.

EFECTOS							
	A	B	C	D	E	F	G
BAJA	20.34	21.00	20.95	20.53	21.04	21.05	22.12
ALTA	22.13	21.48	21.53	21.95	21.44	21.43	20.36

DETERMINAR PROMEDIOS DE LAS MEDIAS DE LOS VALORES BAJOS Y ALTOS DE CADA FACTOR

Tabla 13

Promedio de las medias de los valores bajos y altos del factor A.

FACTORES CONTROLABLES							FACTORES DE RUIDO				Media	Desviación estandar	Razón señal/Ruido	
							K	1	1	2				2
							L	1	2	1				2
							M	1	2	2				1
A	B	C	D	E	F	G				\bar{x}	s	$-10 \log_{(10)}(y^2/s^2)$		
1	1	1	1	1	1	1	273	326	256	283	284.5	29.83	19.59	
1	1	1	2	2	2	2	252	289	312	315	292.0	29.09	20.03	
1	2	2	1	1	2	2	329	271	262	271	283.3	30.79	19.27	
1	2	2	2	2	1	1	272	311	326	302	302.8	22.77	22.48	
2	1	2	1	2	1	2	313	252	303	300	292.0	27.24	20.60	
2	1	2	2	1	2	1	288	297	262	305	288.0	18.67	23.76	
2	2	1	1	2	2	1	321	335	329	283	317.0	23.38	22.64	
2	2	1	2	1	2	2	305	272	316	282	306.5	25.72	21.52	

El promedio de las medias de los valores bajos (1) es 290.63 y de los valores altos (2) es 300.88

Tabla 14

Promedio de las medias de los valores bajos y altos del factor B.

							FACTORES DE RUIDO				Media	Desviación estandar	Razón señal/Ruido	
							K	1	1	2				2
							L	1	2	1				2
							M	1	2	2	1			
FACTORES CONTROLABLES											\bar{X}	S	$-10 \log_{(10)}(y^2/s^2)$	
A	B	C	D	E	F	G								
1	1	1	1	1	1	1	273	326	256	283	284.5	29.83	19.59	
1	1	1	2	2	2	2	252	289	312	315	292.0	29.09	20.03	
1	2	2	1	1	2	2	329	271	262	271	283.3	30.79	19.27	
1	2	2	2	2	1	1	272	311	326	302	302.8	22.77	22.48	
2	1	2	1	2	1	2	313	252	303	300	292.0	27.24	20.60	
2	1	2	2	1	2	1	288	297	262	305	288.0	18.67	23.76	
2	2	1	1	2	2	1	321	335	329	283	317.0	23.38	22.64	
2	2	1	2	1	1	2	305	272	316	333	306.5	25.72	21.52	

289.13

302.38

Tabla 15

Promedio de las medias de los valores bajos y altos del factor C.

							FACTORES DE RUIDO				Media	Desviación estandar	Razón señal/Ruido	
							K	1	1	2				2
							L	1	2	1				2
							M	1	2	2	1	\bar{x}	S	$-10 \log_{(10)}(y^2/s^2)$
FACTORES CONTROLABLES														
A	B	C	D	E	F	G								
1	1	1	1	1	1	1	273	326	256	283	284.5	29.83	19.59	300.00
1	1	1	2	2	2	2	252	289	312	315	292.0	29.09	20.03	
1	2	2	1	1	2	2	329	271	262	271	283.3	30.79	19.27	291.50
1	2	2	2	2	1	1	272	311	326	302	302.8	22.77	22.48	
2	1	2	1	2	1	2	313	252	303	300	292.0	27.24	20.60	291.50
2	1	2	2	1	2	1	288	297	262	305	288.0	18.67	23.76	
2	2	1	1	2	2	1	321	335	329	283	317.0	23.38	22.64	291.50
2	2	1	2	1	1	2	305	272	316	333	306.5	25.72	21.52	

Tabla 16

Promedio de las medias de los valores bajos y altos del factor D.

							FACTORES DE RUIDO				Media	Desviación estandar	Razón señal/Ruido	
							K	1	1	2				2
							L	1	2	1				2
							M	1	2	2	1	\bar{x}	S	$-10 \log_{(10)}(y^2/s^2)$
FACTORES CONTROLABLES														
A	B	C	D	E	F	G								
1	1	1	1	1	1	1	273	326	256	283	284.5	29.83	19.59	294.19
1	1	1	2	2	2	2	252	289	312	315	292.0	29.09	20.03	
1	2	2	1	1	2	2	329	271	262	271	283.3	30.79	19.27	297.31
1	2	2	2	2	1	1	272	311	326	302	302.8	22.77	22.48	
2	1	2	1	2	1	2	313	252	303	300	292.0	27.24	20.60	297.31
2	1	2	2	1	2	1	288	297	262	305	288.0	18.67	23.76	
2	2	1	1	2	2	1	321	335	329	283	317.0	23.38	22.64	297.31
2	2	1	2	1	1	2	305	272	316	333	306.5	25.72	21.52	

Tabla 17:

Promedio de las medias de los valores bajos y altos del factor E.

							FACTORES DE RUIDO				Media	Desviación estandar	Razón señal/Ruido	
							K	1	1	2				2
							L	1	2	1				2
							M	1	2	2				1
FACTORES CONTROLABLES											\bar{x}	S	$-10 \log_{(10)}(y^2/s^2)$	
A	B	C	D	E	F	G								
1	1	1	1	1	1	1	273	326	256	283	284.5	29.83	19.59	
1	1	1	2	2	2	2	252	289	312	315	292.0	29.09	20.03	
1	2	2	1	1	2	2	329	271	262	271	283.3	30.79	19.27	
1	2	2	2	2	1	1	272	311	326	302	302.8	22.77	22.48	
2	1	2	1	2	1	2	313	252	303	300	292.0	27.24	20.60	
2	1	2	2	1	2	1	288	297	262	305	288.0	18.67	23.76	
2	2	1	1	2	2	1	321	335	329	283	317.0	23.38	22.64	
2	2	1	2	1	1	2	305	272	316	333	306.5	25.72	21.52	

290.56

300.94

Tabla 18

Promedio de las medias de los valores bajos y altos del factor F.

FACTORES CONTROLABLES							FACTORES DE RUIDO				Media	Desviación estandar	Razón señal/Ruido	
							K	1	1	2				2
							L	1	2	1				2
							M	1	2	2	1			
A	B	C	D	E	F	G					\bar{x}	S	$-10 \log_{(10)}(y^2/s^2)$	
1	1	1	1	1	1	1	273	326	256	283	284.5	29.83	19.59	
1	1	1	2	2	2	2	252	289	312	315	292.0	29.09	20.03	
1	2	2	1	1	2	2	329	271	262	271	283.3	30.79	19.27	
1	2	2	2	2	1	1	272	311	326	302	302.8	22.77	22.48	
2	1	2	1	2	1	2	313	252	303	300	292.0	27.24	20.60	
2	1	2	2	1	2	1	288	297	262	305	288.0	18.67	23.76	
2	2	1	1	2	2	1	321	335	329	283	317.0	23.38	22.64	
2	2	1	2	1	1	2	305	272	316	333	306.5	25.72	21.52	

296.44

295.06

Tabla 19

Promedio de las medias de los valores bajos y altos del factor G.

							FACTORES DE RUIDO				Media	Desviación estandar	Razón señal/Ruido		
							K	1	1	2				2	
							L	1	2	1				2	
							M	1	2	2	1	\bar{x}	S	$-10 \log_{(10)}(y^2/s^2)$	
FACTORES CONTROLABLES															
A	B	C	D	E	F	G									
1	1	1	1	1	1	1	273	326	256	283	284.5	29.83	19.59	298.06	
1	1	1	2	2	2	2	252	289	312	315	292.0	29.09	20.03		
1	2	2	1	1	2	2	329	271	262	271	283.3	30.79	19.27		
1	2	2	2	2	1	1	272	311	326	302	302.8	22.77	22.48		
2	1	2	1	2	1	2	313	252	303	300	292.0	27.24	20.60	293.44	
2	1	2	2	1	2	1	288	297	262	305	288.0	18.67	23.76		
2	2	1	1	2	2	1	321	335	329	283	317.0	23.38	22.64		
2	2	1	2	1	1	2	305	272	316	333	306.5	25.72	21.52		

Tabla 20

Promedio de las medias de cada factor.

EFECTOS							
	A	B	C	D	E	F	G
BAJA	290.63	289.13	300.00	294.19	290.56	296.44	298.06
ALTA	300.88	302.38	291.50	297.31	300.94	295.06	293.44

4.1.5. Graficar los factores optimizando sus combinaciones

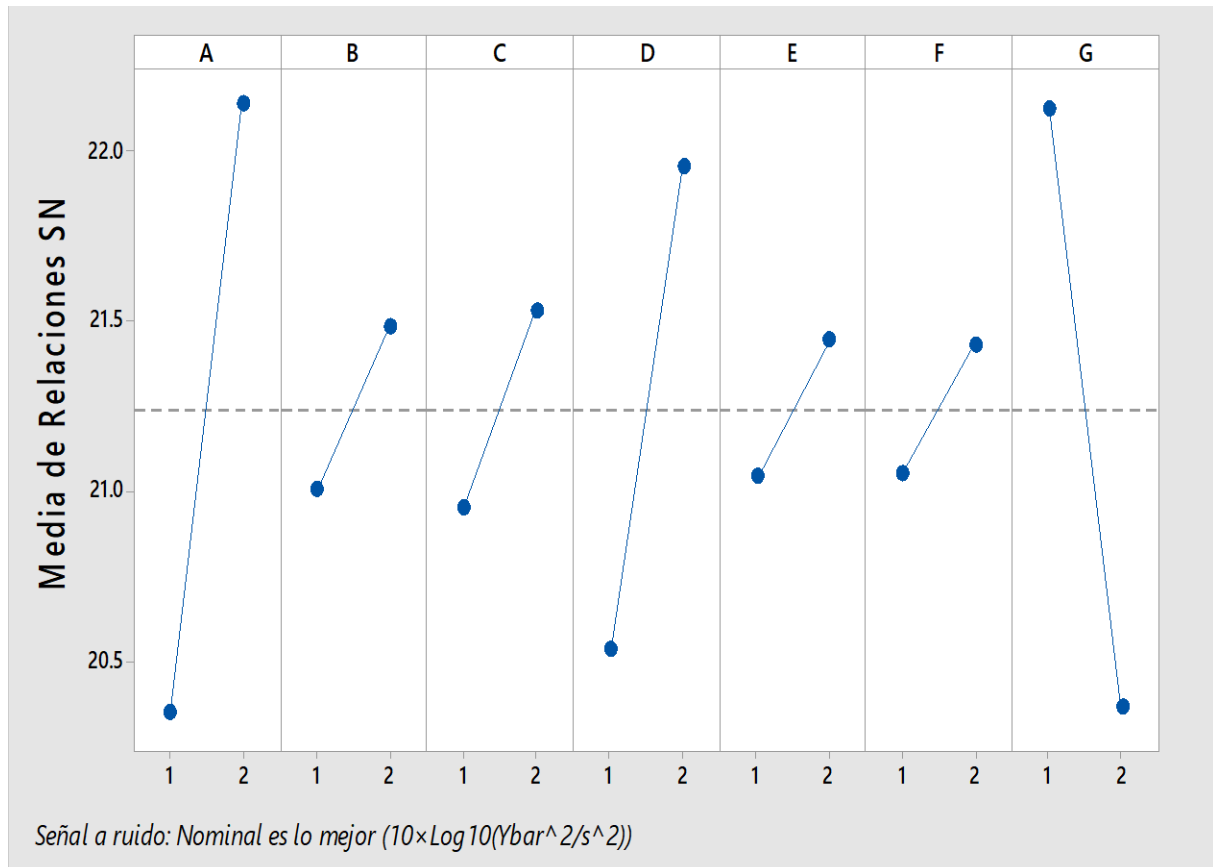


Figura 1

Gráfica de efectos principales para Relaciones SR

El factor A: Tiempo de espera después de clasificación y el factor G: Tiempo de lavado, son los más relevantes. Son los factores que debemos tener la mayor consideración.

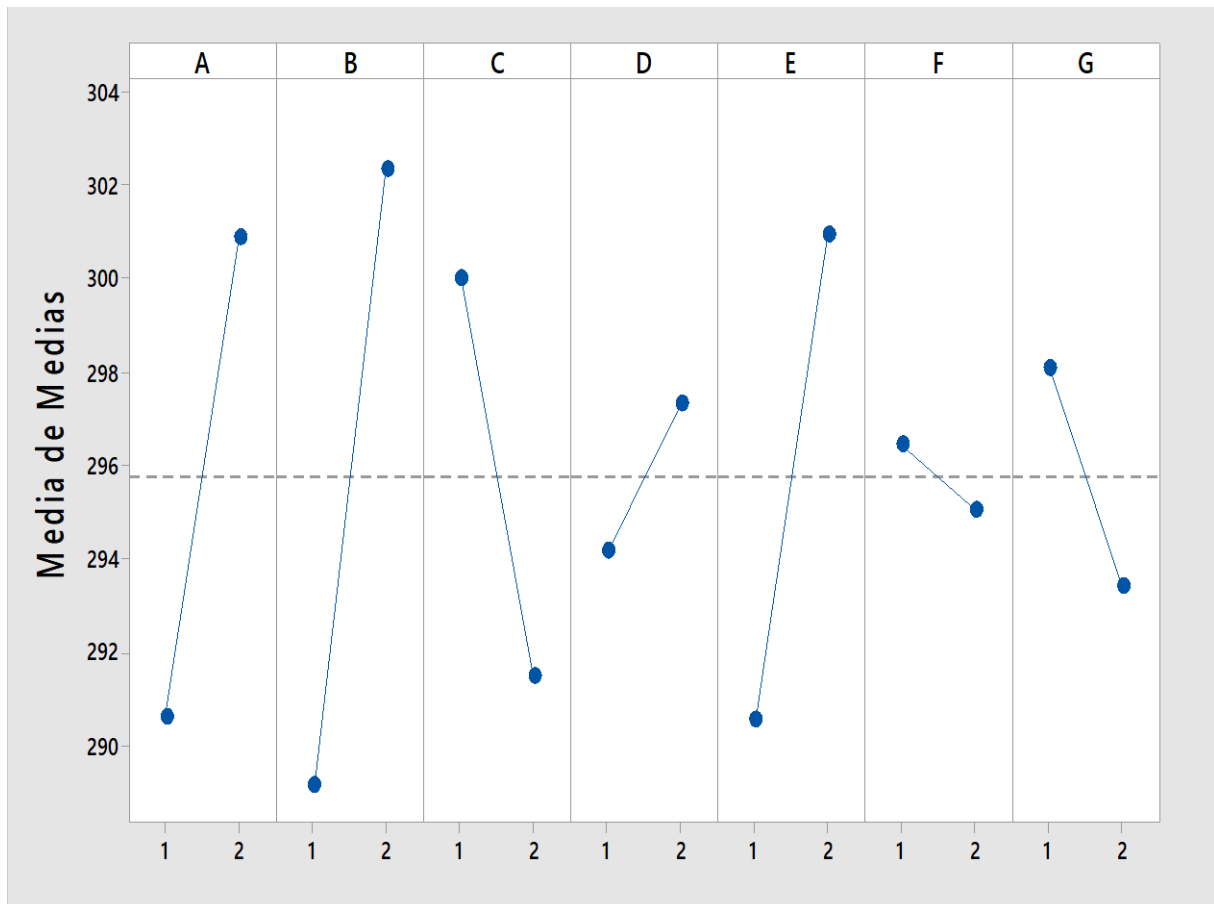


Figura 2

Gráfica de efectos principales para Medias

El factor B: Tiempo de transporte de fondo a planta y el factor C: Tiempo de desinfección, son los más relevantes. Son los factores que debemos tener la mayor consideración.

4.1.6. Estandarizar el proceso productivo del espárrago blanco fresco

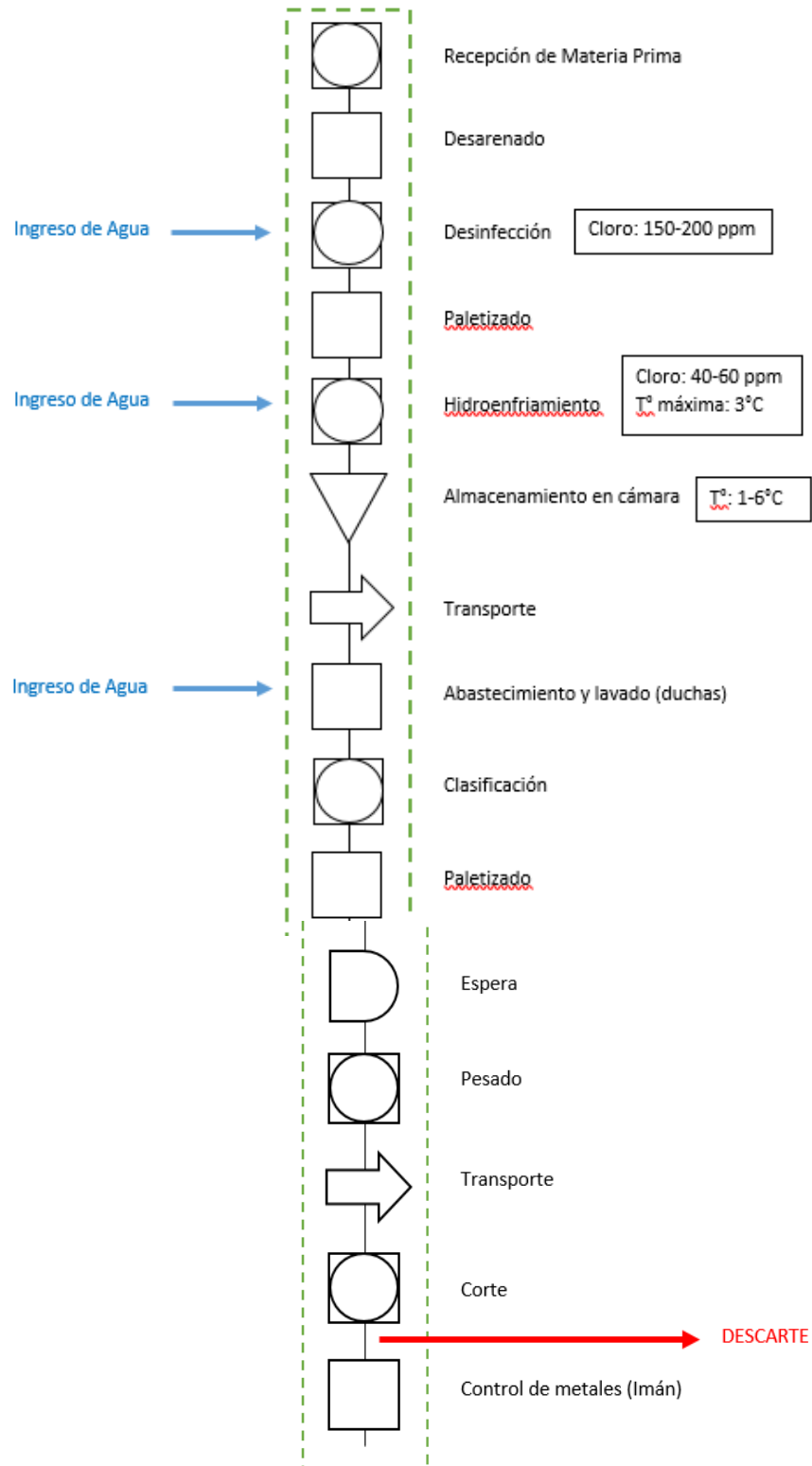
Tabla 21

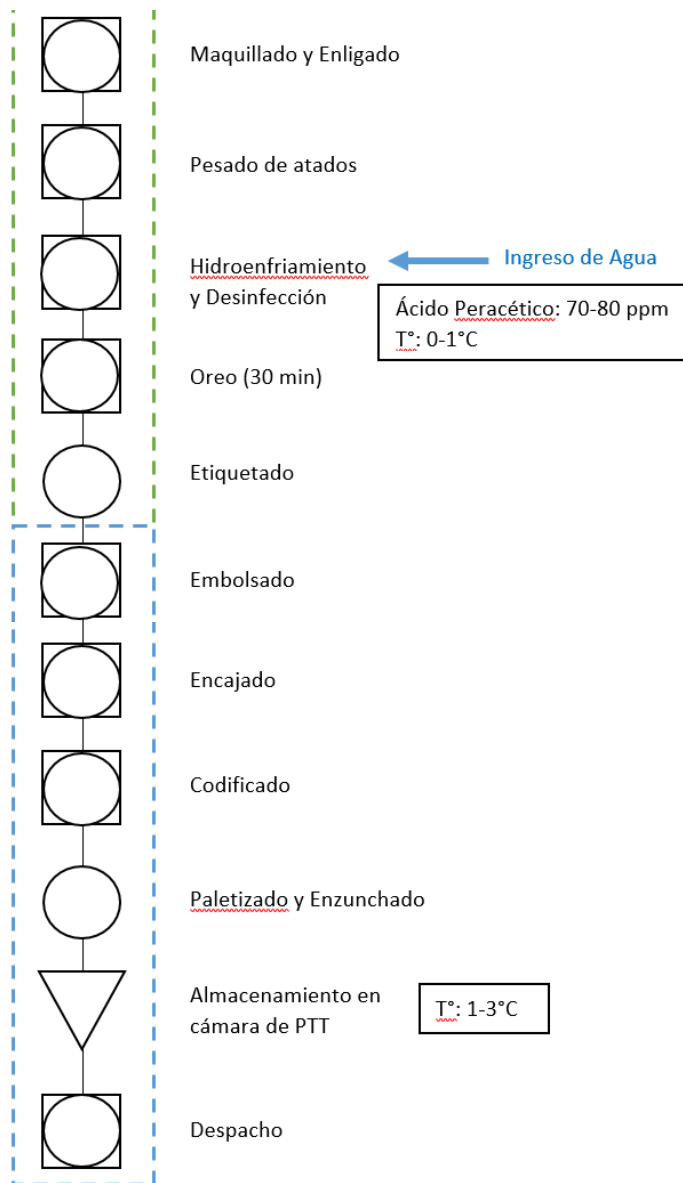
Estructura de costos de una caja de espárrago blanco fresco.

NOMBRE DE PRODUCTO:	ESPÁRRAGO BLANCO FRESCO			
NÚMERO DE CAJA:	001	Nº DE ATADOS:	10	
INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALORES	
			UNITARIO \$	TOTAL \$
ESPÁRRAGO	1	kg	\$ 13.00	\$ 13.00
SPARRAWASH	0.1	L	\$ 3.00	\$ 0.30
COLORO	6	L	\$ 2.10	\$ 12.60
COSTO TOTAL DE LA MATERIA PRIMA				\$ 25.90
Margen de error o variación			10%	\$ 2.59
COSTO TOTAL DE LA PREPARACIÓN				\$ 28.49
Costo por porción		\$		\$ 2.85
% costo materia prima establecida			35%	
Precio Potencial de venta		\$		\$ 8.14
IGV			18%	\$ 1.47
Precio de venta		\$		\$ 9.61
Precio presentación		\$		\$ 10.00
Precio real de venta		\$		\$ 8.47
IGV cobrado por porción		\$		\$ 1.53
% real de costo materia prima				33.62%
PRECIO DE VENTA		\$		\$ 10.00

Proporción que cada factor de la línea de producción representa del coste total o de cada unidad. Datos proporcionados del área de Ventas.

Procedimiento:





VALOR NUTRICIONAL			
Vitamina K	70%	Calorías	27 cal
Vitamina A	20%	Grasa	2 gr
Ácido fólico	17%	Carbohidratos	5 gr
Hierro	16%	Fibra	3 gr
Vitamina C	13%	Proteína	3gr

ÁREA DE (PARTIE)	Empaque			
EQUIPO NECESARIO	Fajas transportadoras	Tina		
	Embolsadora	Hidrocooler		
	Enligadora			
TRABAJO NETO EN	HORAS:	1	MINUTOS:	18
GRADO DE DIFICULTAD	2			

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

- Zapata Gómez & Sarache Castro, Velarde y Cerna, Carranza Cabrera, & Siche Jara, utilizaron variables controlables y no controlables para robustecer el producto de sus respectivas investigaciones, decisión que coincide en semejanza con nuestros factores controlables y no controlables., pero en distintas proporciones, lo que conlleva a utilizar otro tipo de arreglo ortogonal.
- Los 3 antecedentes no coinciden, puesto que presentan distintos arreglos ortogonales y eso es generado por los diferentes números de factores en cada tesis.
- Los 32 datos que fueron utilizados en el arreglo ortogonal L8, fueron recopilados a lo largo del desarrollo de la presente tesis y cada dato se refiere al porcentaje del total de atados de espárrago con defectos de un embarque llegado a destino.
- Zapata Gómez & Sarache Castro en su tesis sobre la calidad del café soluble, usaron la fórmula de “Nominal mejor”, dado que los datos no pueden ser 0 y solo positivos, en lo cual coincide con nuestra tesis al usar la misma fórmula, Velarde y Cerna en su tesis sobre el queso, utilizaron la fórmula del “Mínimo es mejor”, porque la adición de hidrocoloides debe ser minimizada al máximo y Carranza Cabrera, & Siche con su tesis sobre el pan integral de chía utilizó la fórmula de “Mayor es mejor”, busca optimizar e incrementar sus nutrientes.
- Los antecedentes presentaron su estandarización de forma descriptiva a diferencia de la nuestra que lo hicimos presentando una estructura de costos, procedimiento y una receta.

CONCLUSIONES

- Se definieron los factores controlables y no controlables para la aplicación del diseño robusto de Taguchi, lo que posteriormente nos permitirá elegir el arreglo pertinente para cada caso.
- El sistema robusto de Taguchi es versátil porque ofrece distintos arreglos para solucionar diversos tipos de problemas y ofrece 4 fórmulas las cuales facilitan la solución a la problemática planteada.
- La precisión se obtiene de los datos de matriz, debe ser bien definidos y eso está relacionado con la fórmula a utilizar.
- La investigación planteó un producto competitivo (robusto), los resultados nos permiten observar, que el presente producto debe considerar disminuir los siguientes factores: Tiempo de transporte de fondo a planta y Tiempo de espera después de clasificación y aumentar los siguientes factores: Tiempo de desinfección y Tiempo de lavado.
- Es más efectivo realizar una estandarización determinando su estructura de costos, una gráfica de operaciones y su complementación con una guía.

RECOMENDACIONES

- Seleccionar eficientemente los factores controlables para dar una mejor precisión de resultados, ya que son el punto de partida del diseño robusto de Taguchi.
- Utilizar arreglos ortogonales más grandes para poder sustentar la validación de la información.
- Elaborar los datos de la matriz con cierto nivel de precisión, a fin de que los resultados sean los más realistas posibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES.
- Martínez, M. R. (2005). *Maximización de Resultados para la Pequeña Empresa de Servicios*. Bogotá: Grupo Editorial Norma.
- Weston, R. (2013). *White Asparagus*. Australia: Nuffield Australia.
- Cerna, M., Carranza Cabrera, J., & Siche Jara, R. (2014). "Optimización de la aceptabilidad de un pan integral de chía (*Salvia hispanica* L.) mediante la metodología de Taguchi". Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Velarde, P. V. (2016). "Determinación de parámetros en la elaboración de queso fresco tipo paria con adición de hidrocoloides para incrementar el rendimiento empleando el método taguchi y superficie de respuesta". Juliaca, Perú: Universidad Peruana Unión.
- Zapata Gómez, A., & Sarache Castro, W. A. (2014). "Mejoramiento de la calidad del café soluble utilizando el método Taguchi". Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- AgroBanco. (2007, Diciembre). Cultivo del Espárrago. Lima, Perú.
- Aseguramiento de la Calidad. (2018, Octubre 29). Dosificación y Medición de Insumos para Lavado y Desinfección en Procesos de Frescos. Virú, Perú.
- ComexPerú. (2018, Marzo 09). *ComexPerú*. From <https://www.comexperu.org.pe/articulo/exportaciones-peruanas-de-esparragos>
- MINAGRI. (2015). From <http://www.minagri.gob.pe/portal/28-sector-agrario/esparragos/234-esparragos?limitstart=0>

MINAGRI. (2015). From <http://minagri.gob.pe/portal/objetivos/28-sector-agrario/esparragos/235-generalidades-del-producto>

MINAGRI. (2018, Enero 05). *Agro Rural*. From <https://www.agrorural.gob.pe/sector-agricultura-se-consolido-el-2017-como-el-segundo-generador-de-mayores-divisas-para-el-peru/>

VIRU. (2014). *VIRU Naturally Ahead*. From <http://www.viru.com.pe/about.php>

ANEXOS

Tabla 22

Arreglo L4 (fracción 2^{3-1})

Núm. de corrida	Núm. de columna		
	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

2 factores: columnas 1 y 2.
3 factores: las tres columnas.

Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008).
Análisis y Diseño de Experimentos.

Tabla 23

Arreglo L9 (fracción 2^{4-2})

Núm. de corrida	Núm. de columna			
	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

2 factores: columnas 1, 2.
3 factores: columnas 1, 2, 3.
4 factores: columnas 1, 2, 3, 4.

Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008).
Análisis y Diseño de Experimentos.

Tabla 24

Arreglo L8 (fracción 2^{7-4})

Núm. de corrida	Núm. de columna						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

2 factores: columnas 1, 2.
 3 factores: columnas 1, 2, 4.
 4 factores: columnas 1, 2, 4, 7.
 5 factores: columnas 1, 2, 4, 7, 6.
 6 factores: columnas 1, 2, 4, 7, 6, 5. 7 factores: las siete columnas.

Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos*.

Tabla 25

Arreglo L12 (Plackett-Burman para $k = 11$)

Arreglo L_{12} (Plackett-Burman para $k = 11$)											
Núm. de corrida	Núm. de columna										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2
4	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2
5	1	2	2	1	1	2	1	2	1	2	1
6	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1
7	2	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1
8	2	1	2	1	1	2	2	1	1	1	2
9	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1
10	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2
11	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	2
12	2	2	1	1	1	1	2	1	2	2	1

Se asignan los k factores a las primeras k columnas ($4 < k < 11$).

Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos*.

Tabla 26

Arreglo L18 ($2 \times 3^{7-5}$)

Núm. de corrida	Núm. de columna							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	3	3	3	3	3	3
4	1	2	1	1	2	2	3	3
5	1	2	2	2	3	3	1	1
6	1	2	3	3	1	1	2	2
7	1	3	1	2	1	3	2	3
8	1	3	2	3	2	1	3	1
9	1	3	3	1	3	2	1	2
10	2	1	1	2	3	2	2	1
11	2	1	2	1	1	3	3	2
12	2	1	3	2	2	1	1	3
13	2	2	1	2	3	1	3	2
14	2	2	2	3	1	2	1	3
15	2	2	3	1	2	3	2	1
16	2	3	1	3	2	3	1	2
17	2	3	2	1	3	1	2	3
18	2	3	3	2	1	2	3	1

1 factor con dos niveles se asignan a la columna 1. Los factores con tres niveles se asignan a las columnas restantes: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.

Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos*.

Tabla 27

Arreglo L16 ($2 \times 3^{15-11}$)

Arreglo $L_{16}(2^{15-11})$															
Núm. de corrida	Núm. de columna														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1
4 factores: columnas 1, 2, 4, 8															
5 factores: columnas 1, 2, 4, 8, 15															
6 factores: columnas 1, 2, 4, 8, 15, 14															
7 factores: columnas 1, 2, 4, 8, 15, 14, 13															
8 factores: columnas 1, 2, 4, 8, 15, 14, 13, 11															
9 factores: columnas 1, 2, 4, 8, 15, 14, 13, 11, 7															
10 factores: columnas 1, 2, 4, 8, 15, 14, 13, 11, 7, 12															
11 factores: columnas 1, 2, 4, 8, 15, 14, 13, 11, 7, 12, 10															
12 factores: columnas 1, 2, 4, 8, 15, 14, 13, 11, 7, 12, 10, 9															
13 factores: columnas 1, 2, 4, 8, 15, 14, 13, 11, 7, 12, 10, 9, 6															
14 factores: columnas 1, 2, 4, 8, 15, 14, 13, 11, 7, 12, 10, 9, 6, 5															
15 factores: columnas 1, 2, 4, 8, 15, 14, 13, 11, 7, 12, 10, 9, 6, 5, 3															

Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos*.

Tabla 28

Razones señal/ruido para los diferentes tipos de variables de respuesta.

Tipo de característica	Razón señal/ruido (S/R)
Mientras más pequeña es mejor	$-10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i^2 \right]$
Mientras más grande es mejor	$-10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{Y_i^2} \right]$
Su valor nominal es lo mejor (tipo I)	$10 \log \left(\frac{\bar{Y}^2}{S^2} \right)$
Su valor nominal es lo mejor (tipo II)	$-10 \log (S^2)$
Proporción de defectuosos	$-10 \log \left(\frac{p}{(1-p)} \right)$

Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos*.



Figura 3

Evolución de las exportaciones peruanas de espárragos

Recuperado de Sunat y elaborado por ComexPerú

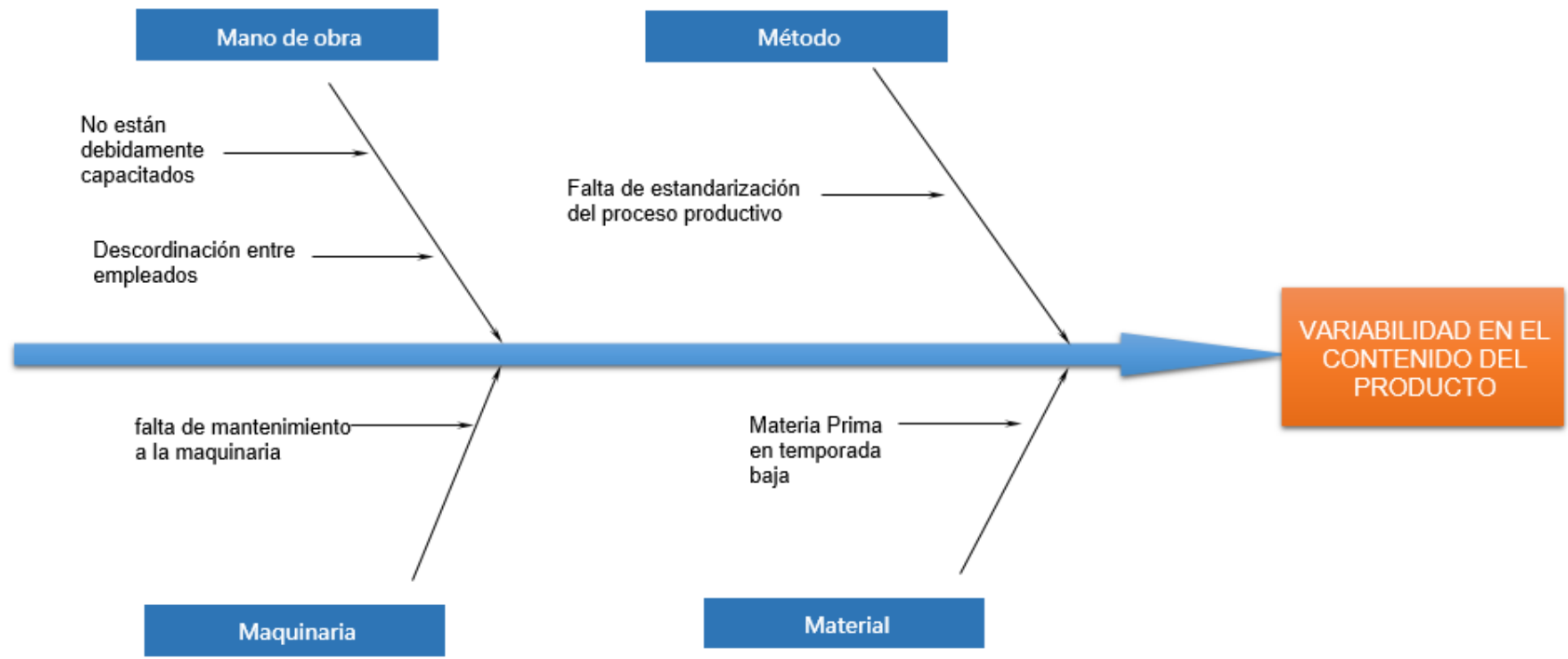


Figura 4
Diagrama de Ishikawa

El principal problema de la mala calidad es la variabilidad del contenido siendo la causa raíz, la falta de estandarización.

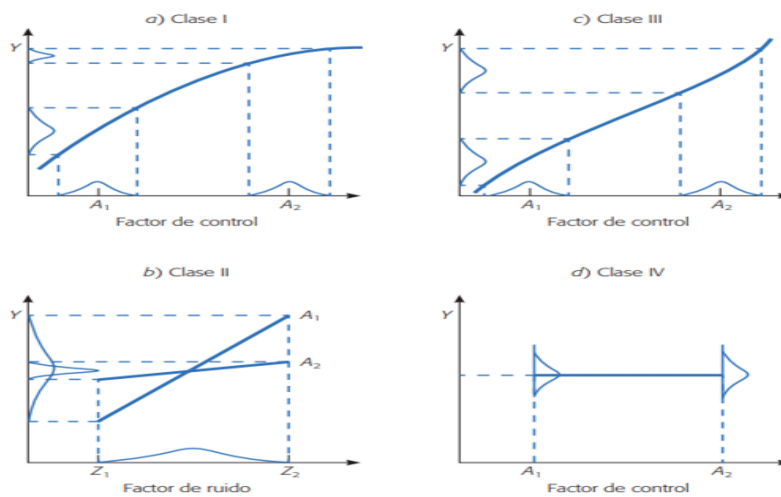


Figura 5

Clases de factores de control de acuerdo a su efecto sobre la media (eje X) y/o la variabilidad (eje Y).

Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos*.

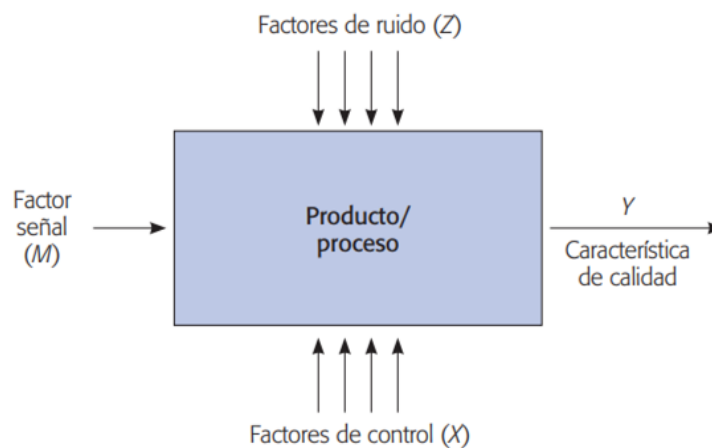


Figura 6:

Diagrama de los diferentes tipos de factores en diseño robusto.

Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos*.

Tabla 29

Datos de espárrago blanco fresco defectuosos en embarques.

PRODUCTO	CALIBRE	DESTINO	CANTIDAD EXPORTADA	PORCENTAJE DE DEFECTUOSOS	CANTIDAD DE DEFECTUOSOS
Espárrago Blanco Fresco	L	EUROPA	8,273	3.3%	273
Espárrago Blanco Fresco	L	EUROPA	7,875	3.2%	252
Espárrago Blanco Fresco	L	ASIA	9,970	3.3%	329
Espárrago Blanco Fresco	L	USA	8,500	3.2%	272
Espárrago Blanco Fresco	L	ASIA	11,593	2.7%	313
Espárrago Blanco Fresco	L	ASIA	10,667	2.7%	288
Espárrago Blanco Fresco	L	ASIA	9,727	3.3%	321
Espárrago Blanco Fresco	L	EUROPA	9,839	3.1%	305
Espárrago Blanco Fresco	XL	USA	12,538	2.6%	326
Espárrago Blanco Fresco	XL	USA	9,966	2.9%	289
Espárrago Blanco Fresco	XL	EUROPA	8,742	3.1%	271
Espárrago Blanco Fresco	XL	EUROPA	10,724	2.9%	311
Espárrago Blanco Fresco	XL	EUROPA	9,333	2.7%	252
Espárrago Blanco Fresco	XL	ASIA	10,241	2.9%	297
Espárrago Blanco Fresco	XL	ASIA	12,885	2.6%	335
Espárrago Blanco Fresco	XL	ASIA	10,074	2.7%	272
Espárrago Blanco Fresco	XL	ASIA	7,314	3.5%	256
Espárrago Blanco Fresco	XL	ASIA	12,000	2.6%	312
Espárrago Blanco Fresco	XL	ASIA	9,357	2.8%	262
Espárrago Blanco Fresco	XL	ASIA	9,588	3.4%	326
Espárrago Blanco Fresco	XL	USA	8,657	3.5%	303
Espárrago Blanco Fresco	XL	EUROPA	7,939	3.3%	262
Espárrago Blanco Fresco	XL	ASIA	12,185	2.7%	329
Espárrago Blanco Fresco	JUMBO	USA	10,897	2.9%	316
Espárrago Blanco Fresco	JUMBO	USA	8,844	3.2%	283
Espárrago Blanco Fresco	JUMBO	ASIA	11,667	2.7%	315
Espárrago Blanco Fresco	JUMBO	ASIA	8,742	3.1%	271
Espárrago Blanco Fresco	JUMBO	EUROPA	8,629	3.5%	302
Espárrago Blanco Fresco	JUMBO	EUROPA	9,375	3.2%	300
Espárrago Blanco Fresco	JUMBO	EUROPA	11,731	2.6%	305
Espárrago Blanco Fresco	JUMBO	USA	8,576	3.3%	283
Espárrago Blanco Fresco	JUMBO	ASIA	10,406	3.2%	333

Cantidades de atados con defectos de diferentes embarques

ENCUESTA: PROCESO PRODUCTIVO DE ESPÁRRAGO BLANCO FRESCO

La presente encuesta permite la recolección de datos sobre el proceso de producción, se espera contar con su conocimiento y experiencia para lograr los objetivos de la investigación que buscan mejorar el proceso.

Indormación del encuestado	Encuesta N° ____	Fecha
Nombre completo		
Cargo		
Planta		
Encuestador		

1. ¿Conoce en profundidad el proceso productivo del espárrago?

SI

NO

¿Por qué? _____

2. ¿Crees usted que la empresa cuenta con personal capacitado?

SI

NO

¿Por qué? _____

3. ¿Cree usted que el método que se usa es el adecuado?

SI

NO

¿Por qué? _____

4. ¿Cree usted que las maquinarias que se usa son las adecuadas?

SI

NO

¿Por qué? _____

5. ¿Cree usted que el material llega en buen estado?

SI

NO

¿Por qué? _____

6. ¿Cuál cree usted que es la operación más compleja dentro del proceso? ¿Y Por qué?

7. ¿Qué tipo de imperfecciones presenta el espárrago comúnmente?

FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE ESPÁRRAGO BLANCO FRESCO



Figura 7

Espárrago blanco fresco en jabas.



Figura 8

Máquina de 2 cuerpos para lavar y desinfectar.



Figura 9

Primer enfriamiento en el primer Hidrocooler.



Figura 10
Temperatura del primer el Hidrocooler.



Figura 11
Clasificación del espárrago blanco.

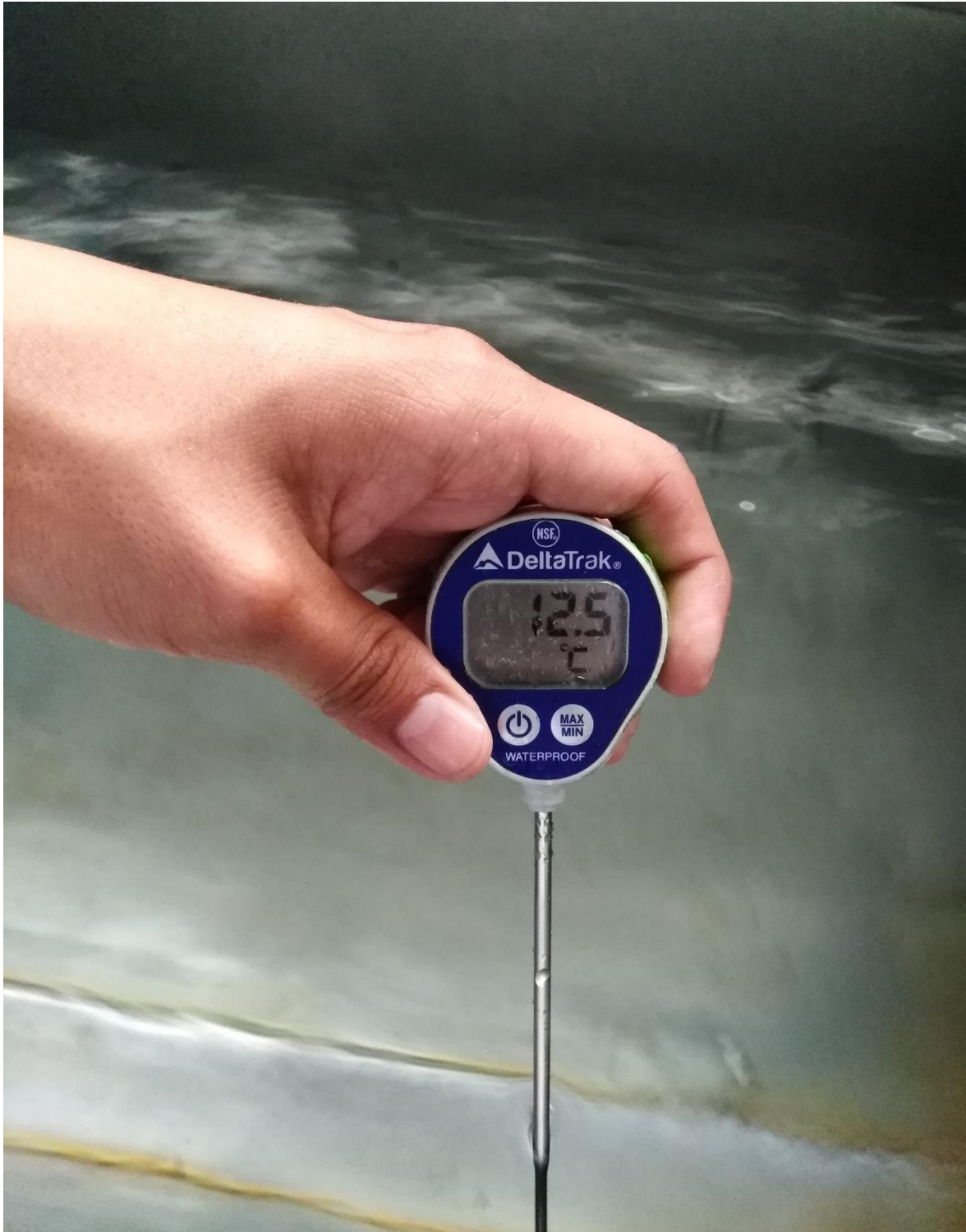


Figura 12
Temperatura del agua de clasificación.



Figura 13

Temperatura promedio de un turrón después de clasificación.



Figura 14
Operación de Destajo y Maquillado.



Figura 15

Segundo enfriamiento en el segundo Hidrocooler.



Figura 16

Temperatura promedio de un turión después del segundo Hidrocooler.



Figura 17
Proceso de embolsado.



Figura 18
Proceso de sellado.



Figura 20

Caja de 5kg de espárrago blanco fresco.



Figura 21

Pallet completo de cajas de espárrago en cámara de producto terminado.



Figura 22

Manchas marrones en espárrago blanco.



Figura 23
Cuello y puntas rosada.



Figura 24
Bases huecas.



Figura 25
Bases húmedas.



Figura 26
Bases deshidratadas.