

ESTUDIO DE LOS EFECTOS OBTENIDOS AL MODIFICAR LOS PARÁMETROS
DE SECADO DEL SPAGHETTI CLÁSICO PRODUCIDO EN LA LÍNEA FAVA A EN
PRODUCTOS ALIMENTICIOS DORIA S.A.S

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN

Carlos Andrés Navas Ordoñez

Fernando Rodríguez Laverde

Marcela Meza Montes

Especialización en gerencia de procesos de calidad

Especialización en gerencia de procesos de calidad e innovación

Universidad EAN

Tutor: Luis Cobo

Bogotá D.C.

Septiembre, 2020

CONTENIDO

1. LISTA DE FIGURAS	3
2. LISTA DE TABLAS	3
3. PREGUNTA GENERAL DE INVESTIGACIÓN	4
4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	4
5. OBJETIVO GENERAL	5
5.1. Objetivos Específicos	5
6. JUSTIFICACIÓN	6
7. MARCO TEÓRICO	7
8. MARCO INSTITUCIONAL	12
8.1. Valores corporativos	13
8.2. Reseña histórica	14
9. METODOLOGÍA GENERAL O DE PRIMER NIVEL	15
9.1. Enfoque, diseño de la investigación y alcance o tipo de estudio	15
9.1.1. Enfoque Cuantitativo	15
9.1.2. Diseño Experimental	16
9.1.3. Alcance de la investigación: Exploratorio	17
9.2. Definición de Variables	17
10. METODOLOGÍA PARTICULAR O DE SEGUNDO NIVEL	24
10.1. Selección de métodos o instrumentos para recolección de información	24
11. ANÁLISIS DE RESULTADOS	26
11.1. Análisis de resultados de estadística descriptiva	26
11.2. Análisis de resultados por Coeficiente de Correlación de Pearson	33
12. CONCLUSIONES	34
13. RECOMENDACIONES	35
14. LISTA DE REFERENCIAS	37

1. LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Consumo de pasta per cápita en kg región Latinoamérica.....	7
Figura 2. Principales operaciones en la producción de pasta línea FAVA A.....	8
Figura 3. Diagrama de proceso de la fabricación de pastas alimenticias.....	12
Figura 4. Planeación Estratégica Corporativa.....	13
Figura 5. Reseña Histórica de la Empresa	15
Figura 6. Humedad Final Ensayo Septiembre.....	30
Figura 7. Humedad Relativa Pre-secado Septiembre	31
Figura 8. Humedad Relativa 1 ^{era} zona Pre-secado Septiembre	31
Figura 9. Humedad Relativa 2 ^{da} zona de Pre-secado Septiembre	32
Figura 10. Humedad Relativa 3 ^{era} zona de Pre-secado Septiembre.....	32
Figura 12. Diagrama de dispersión Humedad Final Ensayo Septiembre	34

2. LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ficha Técnica del Ensayo.....	18
Tabla 2. Materiales y equipos utilizados en el estudio	19
Tabla 3. Dato de %HR antes y después de la modificación.....	21
Tabla 4. Resultado Humedad Final año 2019.	27
Tabla 5. % Humedad Final Primer Semestre 2020	28
Tabla 6. % de humedad final septiembre 2020	29
Tabla 7. Coeficiente de Correlación de Pearson Humedad Final.....	33

3. PREGUNTA GENERAL DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son las consecuencias de modificar la humedad relativa en el secado del Spaghetti Doria de la Línea FAVA A?

4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En Colombia, la resolución 4393 de 1991 establece los requisitos referentes a la fabricación, empaque y comercialización de pastas alimenticias. Dentro de la norma se establece el 13.0% como límite máximo permisible de humedad final para cualquier tipo de pasta.

Productos Alimenticios Doria S.A.S., empresa del Grupo Nutresa, es líder en el segmento de pastas en el país con un 52.5% del mercado total según estudio de Nielsen. En 2019 reportó 343 mil millones en ventas. (Nutresa, 2020)

Fabián Restrepo, presidente del negocio de pastas, establece como una de sus estrategias para este logro: “mejorar la rentabilidad de las marcas siendo eficientes y productivos en la inversión, aumentando los volúmenes de venta, gestionando los gastos y generando crecimiento del valor por kilo”. Así mismo sostiene que: “enfocamos nuestras inversiones de capital en lograr eficiencias en nuestras plantas productivas, obteniendo como resultado mayor productividad” (Nutresa, 2020).

La referencia actual de la compañía con mayor volumen de producción y venta es el Spaghetti Doria. Durante el año 2019 se produjeron 2.951Ton. en la línea FAVA A donde se realizó el ensayo. Por esta razón, teniendo como precepto el contexto anterior, cualquier oportunidad para mejorar rentabilidad y productividad en ésta y otras referencias será bienvenida e impactará favorablemente la compañía.

Como parte de la rutina de revisión de los registros de humedad se identifica, como oportunidad, que los valores históricos de humedad final obtenidos para el Sp. Doria se encuentran cerca del 11.0% de humedad. Esta afirmación se confirma en estudios realizados en la compañía (De la Espriella, 2010), razón por la cual, se observa como oportunidad la posibilidad de reducir la brecha o gap entre el valor de humedad final máximo permitido por la norma y el del histórico de la referencia en Doria.

La humedad relativa es un parámetro que refleja las condiciones del ambiente de secado. Con ella se mide la velocidad (capacidad) de evaporación durante la operación. Teniendo bajo control la Humedad Relativa (%HR) podemos regular la velocidad de evaporación en la pasta (Di Fillipo, 2012) y así aumentar la humedad final del producto.

¿Cuáles son las consecuencias de modificar la humedad relativa en el secado del Spaghetti Doria de la Línea FAVA A?

5. OBJETIVO GENERAL

Determinar los efectos de la modificación del parámetro de humedad relativa en el secado del Spaghetti Doria producido en la Línea FAVA A, bajo el cumplimiento de la resolución 4393 de 1991 que rige la producción de pastas alimenticias en Colombia.

5.1. Objetivos Específicos

- Analizar los resultados históricos de humedades finales de la referencia para el año 2019 y el primer semestre del 2020, mediante la aplicación de estadística descriptiva y el cálculo de la capacidad del proceso.
- Comparar mediante estadística descriptiva y prueba de correlación de Pearson, el resultado obtenido en las humedades finales de la línea, al aplicar el ajuste de los parámetros de secado propuestos para el estudio contra los resultados históricos.
- Estudiar los efectos obtenidos a partir de las modificaciones realizadas a las humedades relativas de la etapa del presecado.

6. JUSTIFICACIÓN

El Grupo Nutresa está conformado por varias unidades de negocio dentro de las cuales se encuentra el negocio de pasta que está en cabeza de la empresa Productos Alimenticios Doria.

El Grupo Nutresa propone para todos sus negocios la creciente generación de valor e involucra objetivos como el crecimiento rentable y la innovación efectiva. Coherente con esta visión, corresponde al negocio de pastas identificar oportunidades que pueden materializarse en mejoras de procesos y productos, a través del diseño y la implementación de propuestas que busquen aportar a estos objetivos.

Uno de los parámetros de calidad, establecido como un requisito legal para pastas en Colombia (Resolución 4393, 1991), es el contenido de humedad en el producto final, el cual debe ser máximo el 13.0%. En la actualidad la humedad final promedio en el producto de pastas Doria es cercana al 11.0%, dato observado en resultados históricos e incluso reportado en investigaciones y estudios académicos realizados en la compañía.

A pesar de que el secado es considerado como una operación unitaria compleja, los sistemas automatizados actuales utilizados para secar pasta permiten obtener diversos resultados a partir de la modificación de sus parámetros (FAVA, 2020).

De ellos, la humedad relativa del medio, expresada en porcentaje (%HR), es la que regula la pérdida de agua y también la velocidad con la cual ocurre.

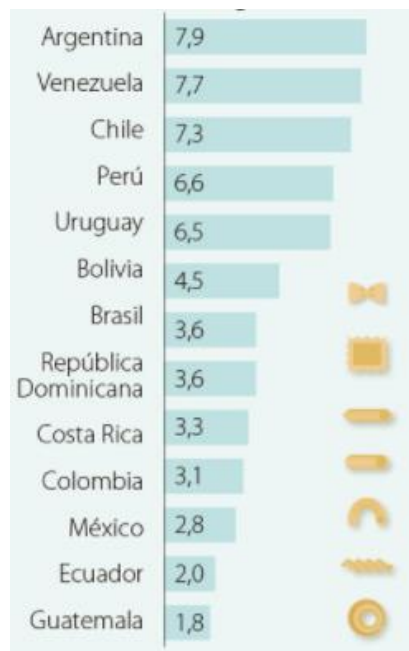
La presente investigación está alineada con el campo de investigación de la Universidad EAN de Ciencia, tecnología e innovación, Grupo Tecnológico Ontare y línea de investigación Gestión y diseño de procesos, ya que busca determinar y discutir los efectos obtenidos al modificar las humedades relativas en la etapa de presecado del Spaghetti Doria producido en la Línea FAVA A, comparando los resultados históricos del año 2019 y primer semestre del 2020, con los obtenidos en el ensayo para analizar y concluir. El estudio no tiene precedentes en la compañía, ni tampoco en los limitados estudios científicos asociados a esta industria, dado que el conocimiento y las fuentes bibliográficas en la materia son pocas, tanto en Colombia, como en el resto del mundo.

7. MARCO TEÓRICO

La pasta alimenticia se define como el “Producto preparado mediante el secado apropiado de las diferentes figuras formadas a partir de una masa sin fermentar elaborada con derivados del trigo y agua. En el proceso de elaboración se pueden incorporar ingredientes tales como: gluten, soya, huevos, leche, vegetales, jugos, extractos u otras farináceas o cualquier otro permitido por la legislación nacional vigente o el Codex Alimentarius” (NTC 1055, 2007).

El consumo mundial de pasta varía de acuerdo con el país de referencia. Italia, por ejemplo, es el país líder en consumo per cápita. Colombia por otro lado, está ubicada entre los países de menor consumo en la región latinoamericana con casi 3 Kg. En la Figura 1 se puede comparar el consumo de pasta para algunos de los países latinoamericanos. (Benavides, 2017).

Figura 1. Consumo de pasta per cápita en kg región Latinoamérica



Fuente: Euromonitor Internacional. Citado por el diario La República, 2017

De acuerdo con la figura 1, Venezuela ocupa los primeros lugares en consumo per cápita de pasta en la región. Debido a la actual migración de la población venezolana hacia Colombia, se ha presentado un incremento potencial en el segmento de pastas para atender a

esta población. Esto se debe a que la base alimenticia de los venezolanos es la pasta en comparación con la nuestra que es el arroz.

El objetivo principal del proceso productivo de la pasta es el de transformar una masa poco compacta en una mezcla con una estructura homogénea capaz de mantener una forma en particular, la cual es estabilizada por un secado. Las principales operaciones que intervienen en esta industria se relacionan en la Figura 2.

Figura 2. Principales operaciones en la producción de pasta línea FAVA A



Fuente: www.fava.it/

De todas las operaciones, el secado es el paso más crítico y difícil en la producción de pasta y hay poca información disponible sobre las condiciones óptimas de la operación. (Gélinas, 2007).

El objetivo de esta operación es reducir la humedad de la pasta extruida de 31% a un 10-12% al final del secado. Si el secado es lento la pasta es dañada por crecimiento microbiano. Por otro lado, si el secado es rápido, se crean gradientes de humedad causando grietas en la pasta que la opacan y disminuyen su resistencia. Uno de los factores que influyen en la presencia de este agrietamiento de la pasta es el equilibrio entre la humedad relativa del ambiente y de la pasta, por consiguiente, es decisivo en la calidad de la pasta el control de las condiciones de secado, así como las condiciones de almacenamiento (Di Filippo, 2012).

El proceso de secado a altas temperaturas se realiza en etapas de una manera similar al proceso tradicional. El uso del secado a altas temperaturas ha sido universalmente aceptado

porque ofrece un mejor control bacterial, reduce significativamente el tiempo de secado y produce una pasta con mejores características de cocimiento y color (Martínez, 2010)

El secado realizado en Pastas Doria es de tecnología FAVA® HTST (altas temperaturas tiempos cortos). Esta operación es objeto de estudio en la presente investigación y se encuentra resaltada en rojo en la Figura 3 que relaciona el diagrama del proceso productivo. Es considerada como: “una operación unitaria de conservación y agregación de valor altamente demandada por la industria de alimentos, basada en la eliminación del agua libre y no ligada de una matriz, mediante los mecanismos de transferencia de calor y masa”. “En el marco de la ingeniería de los procesos alimentarios se considera que el secado es una operación de elevada complejidad, ya que deben considerarse fenómenos simultáneos de transferencia de calor y masa sin dejar de lado los efectos sobre la calidad física y nutricional de los alimentos” (Mosquera, 2015).

Para Colombia, la normativa que rige la producción de pastas es la Resolución 4393 de 1991 amparada en el Título V de la Ley 9 de 1979, Código Sanitario Nacional. Dentro de la norma se establecen los requisitos fisicoquímicos que debe cumplir una pasta alimenticia para considerarse apta. Dentro de ellos se encuentra el valor de la humedad final máxima que corresponde al 13.0%. Frente a este dato límite se ha reportado en estudios del país que incluso pastas por encima del 12.5% de humedad final pueden ser susceptibles a alteraciones microbiológicas (De la Espriella, 2010).

En la Figura 3 se detalla el diagrama de proceso en el que se pueden identificar todas las actividades de la cadena de abastecimiento que intervienen para la fabricación de pastas alimenticias desde la recepción de materias primas, transformación y empaque como producto terminado. Se resalta la operación unitaria de secado sobre la cual se realizará el trabajo de investigación.

“Para comprender mejor el secado de la pasta se han desarrollado varios modelos matemáticos”, sin embargo, “hay poca información disponible sobre las condiciones óptimas de secado”. Los mismos investigadores también reportan que “la selección de las condiciones de secado adecuadas no suelen ser una tarea sencilla. Los perfiles de temperatura y humedad relativa deben seleccionarse cuidadosamente de manera que el secado sea lo suficientemente rápido como para minimizar el tiempo de operación, pero lo suficientemente lento para promover cambios microestructurales adecuados del almidón y las proteínas. (Gélinas, 2007)

A lo largo de los años, estudios han demostrado la importancia de las condiciones de temperatura y humedad relativa del aire para el secado de la pasta y la producción de pasta con los atributos deseados de humedad y calidad. Sin embargo, los perfiles de temperatura y humedad relativa de la cámara de secado para las operaciones de pasta industrial están determinados principalmente por ensayo y error. Este método es caro y requiere mucho tiempo debido a las numerosas condiciones operativas potenciales del procesamiento de la pasta. (Mercier, 2013).

La selección de condiciones de secado adecuadas también debe considerar la transición vítrea de la pasta. La transición vítrea representa la transición de componentes amorfos de una masa fundida superenfriada a un estado vítreo o al contrario". La pasta sufre una transición vítrea durante el secado, lo que induce cambios importantes en sus propiedades mecánicas, reológicas y de transporte. La pasta se comporta como un material viscoplástico y blando en el estado gomoso y como un material elástico y rígido en el estado vítreo, con un estado de transición intermedio. Las condiciones de secado adecuadas deberían promover una transición vítrea uniforme dentro de la pasta, de modo que se limiten las tensiones internas y el riesgo de formación de grietas. (Mercier, 2013)

Una fase que determina el ciclo de secado es el Presecado. Este asegura una evaporación controlada, continua y rápida que prepara el producto para la siguiente fase del secado ralentizada o más lenta. Cualquier variación de humedad obtenida en la primera fase de secado (presecado) tendrá efecto sobre las subsiguientes (Di Filippo, 2012).

Gracias a la tecnología y montaje del sistema de automatización instalado en Doria, es posible monitorear y ajustar las variables para las necesidades del secado, punto de rocío, distribución de aire y termoaislamiento con el fin de obtener las condiciones de calidad de producto establecido por la compañía (FAVA, 2020). El período de velocidad de secado constante debe incluirse al modelar la calidad de la pasta, debido a que los primeros minutos de secado (Presecado) tienen un impacto crítico en la formación y propagación de grietas. También es relevante que los proveedores de tecnología entreguen las curvas de secado reales ajustadas al comportamiento teórico para que no se tengan que realizar ajustes significativos a las recetas ya validadas (Di Filippo, 2012).

Todo el proceso de secado de la pasta se describiría como un mecanismo de transporte de masa (humedad interna) gobernado por un gradiente de humedad e interpretado

matemáticamente por una ley de tipo Fick. Sin embargo, la ley de Fick que se usa comúnmente en aplicaciones de ingeniería química y de alimentos podría no ser completamente precisa para modelar el transporte de fluidos cerca de la transición vítrea (Xing, 2006).

El proceso de secado para la elaboración de spaguetti, debe mantener como pilar primordial la calidad, variable que se ha proyectado como una propuesta diferenciadora en Pastas Doria. Esta característica le facilita a la compañía desarrollar una reputación y reconocimiento empresarial distintivo bajo los conceptos de fiabilidad a bajo costo, eficiencia y productividad, satisfacción del cliente e interacción de un sistema sostenible entre clientes y proveedores etc.

De acuerdo con lo anterior, para mantener las condiciones de calidad requeridas por la normativa y exigidas por el mercado, pastas Doria emplea conceptos basados en el riesgo como el método de análisis de riesgos y puntos críticos de control HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), el cual permite establecer la identificación, control y prevención de los posibles agentes biológicos, físicos y químicos que afectan directa o indirectamente la calidad en la inocuidad de alimento. Por lo tanto, teniendo en cuenta que la presente investigación modifica parámetros en la producción, específicamente en el secado, el citar las metodologías de control de calidad es necesario para contextualizar el trabajo alrededor de la pasta alimenticia (Berovides-Castellón, 2012). Se infiere que las variables de calidad no tengan un cambio significativo dentro del estudio al modificar las variables de secado. No obstante se ciñe a la evaluación de su aptitud fisicoquímica y sensorial de rutina.

Para dar claridad del proceso general para elaborar spaguetti en la empresa objeto de estudio, se detalla en la Figura 3. El paso a paso de lo ya mencionado:

Figura 3. Diagrama de proceso de la fabricación de pastas alimenticias



Fuente: elaboración propia

8. MARCO INSTITUCIONAL

La empresa Pastas Doria es una compañía fundada en Colombia en 1952 por el migrante italiano Sr. Arturo Sesana Vitali, quien instaló en Bogotá su fábrica e inició la producción de pasta alimenticia de excelente calidad. En 1996 comienza a ser parte del Grupo Nutresa, una

de las empresas de alimentos más grande de América Latina y uno de los grupos empresariales más importantes de nuestro país. A continuación se relaciona en la Figura 4 la Planeación Estratégica Corporativa (PEC) de la compañía.

Figura 4. Planeación Estratégica Corporativa



Fuente: elaboración propia

8.1. Valores corporativos

Pastas Doria enuncia como valores:

Partimos de la dignidad de la persona, cada ser es único e irrepetible sin importar la raza, género, credo o condición.

Desde el ser

Respeto

- Nos tratamos bien con todos los que nos relacionamos

- Acatamos la autoridad
- Cuidamos nuestro entorno

Pasión

- Con compromiso y resultado disfrutamos plenamente lo que hacemos.

Confianza

- La construimos siendo coherentes entre lo que pensamos, decimos y hacemos.

Desde el hacer

Trabajo en equipo

- Cumplimos nuestros compromisos y obligaciones
- Respondemos por nuestros actos y acciones
- Logramos los objetivos comunes

Innovación

- Buscamos permanentemente nuevas formas de desarrollar nuestro rol y nuestro negocio con mente abierta, flexibilidad, agilidad y aprendizaje permanente.

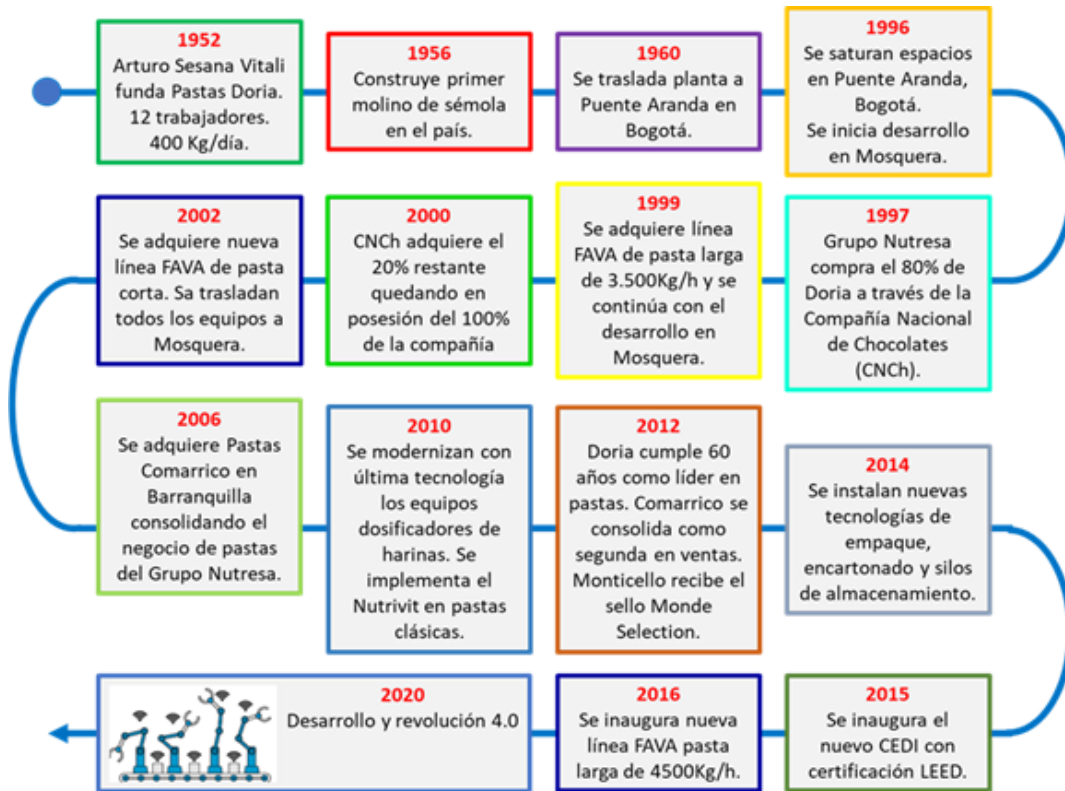
Liderazgo

- Trabajamos por nuestro desarrollo y el de nuestros equipos para cumplir con los objetivos asegurando la sostenibilidad del negocio y del entorno.

8.2. Reseña histórica

La empresa ha crecido notablemente desde sus inicios en 1952, momento en el que contaba con una nómina de 12 trabajadores y producía 400Kg/día. Hoy, casi 70 años después, su nómina es de 684 trabajadores produciendo cerca de 15.000Kg/h. Los principales hitos que marcaron la historia de la empresa se describen cronológicamente en la Figura 5.

Figura 5. Reseña Histórica de la Empresa



Fuente: elaboración propia

9. METODOLOGÍA GENERAL O DE PRIMER NIVEL

9.1. Enfoque, diseño de la investigación y alcance o tipo de estudio

Se describen a continuación el enfoque, el tipo de diseño y tipo de estudio de la investigación definidos, teniendo en cuenta la naturaleza de los datos, la manera de recolectar la información y la hipótesis definida.

9.1.1. Enfoque Cuantitativo

Para la investigación se definió el **Enfoque Cuantitativo** el cual es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no permite “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, es posible redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando

métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis.
(Roberto Hernandez Sampieri, 2014)

Las características de este enfoque de investigación son las siguientes:

- Necesidad de medir y estimar magnitudes de los fenómenos o problemas de investigación
- El investigador plantea un problema de estudio delimitado y concreto sobre el fenómeno
- Construcción de un marco teórico del cual deriva una o varias hipótesis y las somete a prueba mediante el empleo de los diseños de investigación apropiados.
- Recolección de los datos que fundamentan en la medición.
- Analizar los datos con métodos estadísticos
- Los análisis cuantitativos se interpretan a la luz de las predicciones iniciales (hipótesis) y de estudios previos (teoría).
- Los estudios cuantitativos siguen un patrón predecible y estructurado (el proceso) y se debe tener presente que las decisiones críticas sobre el método se toman antes de recolectar los datos
- En una investigación cuantitativa se intenta generalizar los resultados encontrados en un grupo o segmento (muestra)
- Formular y demostrar la teoría.
- La investigación cuantitativa pretende identificar leyes “universales” y causales

9.1.2. Diseño Experimental

La esencia de esta concepción de experimento es que requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados.

Los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control. (Roberto Hernandez Sampieri, 2014)

9.1.3. Alcance de la investigación: Exploratorio

Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, se desea indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas.

Los estudios exploratorios sirven para familiarizarse con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto de un contexto particular, indagar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados. (Roberto Hernandez Sampieri, 2014)

9.2. Definición de Variables

Para la definición de variables de esta investigación se detalla la información en la ficha técnica de la tabla 1, donde se describen los componentes más relevantes asociados al proceso para dar respuesta a la pregunta de investigación.

9.2.1. Definición conceptual

En la tabla 1 se condensa entre otros, la descripción conceptual de las variables de estudio:

Tabla 1. Ficha Técnica del Ensayo

Ficha Técnica del Ensayo	
Tipo de diseño del ensayo	Experimental
Técnica de recolección datos	Software de diseño propio para el almacenamiento de datos
Tipo de muestreo	Aleatorio simple
Frecuencia de muestreo	Cada 60 min.
Población	5094 tomados durante el año 2019, el primer semestre del 2020 y el mes de septiembre de 2020
Tamaño de la muestra	Año 2019: 2761 datos
	Primer semestre 2020: 2239 datos
	Septiembre de 2020: 422 datos
VARIABLES DE ESTUDIO	Independiente: Porcentajes de humedad relativa del presecado Dependiente: Porcentaje de humedad final de producto.
Definición de variables	<p>Humedad relativa</p> <p>Conceptual: es la relación entre el vapor de agua contenido en el aire y la máxima cantidad de vapor que podría contener dicho aire. Es una medida termodinámica que se obtiene a partir de la carta psicrométrica.</p> <p>Operacional: es el valor que refleja las condiciones del ambiente de secado. Con ella se mide la capacidad de evaporación durante el secado. La medición se observa directamente en la pantalla de la línea, y en tiempo real, gracias a las sondas termohigrométricas Rotronic® que la determinan.</p>
	<p>Humedad final</p> <p>Conceptual: es el valor obtenido al eliminar el agua libre del alimento a través del suministro de calor y ventilación bajo una receta estandarizada y automatizada en el equipo. Se calcula secando la muestra hasta su peso constante.</p> <p>Operacional: es el valor obtenido por medio del uso del determinador de humedad como prueba rápida. Es una variable crítica de control del proceso de secado y está limitada por la legislación (máximo el 13.0% según Resolución 4393 de 1991).</p>

Tratamiento Estadístico de Datos	Estadística descriptiva comparativa Estudio correlacional entre las dos variables
Nivel de confianza	95%

Fuente: elaboración propia

9.2.2. Definición operacional

A continuación, se describe la variable de estudio y el paso a paso de las pruebas base del ensayo, las cuales se realizan haciendo uso de los materiales descritos en la Tabla 2 que se relaciona a continuación:

Tabla 2. Materiales y equipos utilizados en el estudio

Marca y Modelo	Uso
Línea Pasta Larga FAVA® A GPL 180	Fabricación y secado del Spaghetti Clásico
Sondas Rotronic® Higroflex 5	Medición de humedad relativa y temperatura
Molino Bühler® SDM 19	Reducción de tamaño de las muestras
Determinador Mettler Toledo® HR 83	Determinación de humedad de las muestras

Fuente: elaboración propia

A continuación, se mencionan y describen los métodos implementados para el uso de cada uno de estos materiales y equipos:

- **Línea FAVA® GPL 180**

La línea de producción y secado de pasta larga (denominada también como línea A) es un modelo proveniente de Italia con matrícula del año 2002 y cuenta con una capacidad total de producción de 3500 Kg/h de pasta seca. La receta total del Spaghetti en el equipo “diseñada por el proveedor” tarda 6.5 h en entregar producto seco a empaque. El sistema cuenta con automatismos que permiten regular todas las variables del proceso, y también con alarmas que alertan sobre las posibles desviaciones o daños de componentes para intervenir y evitar producto defectuoso.

En el siguiente link se puede ver una simulación de la línea y sus fases de secado:

https://universidadeaneducomy.sharepoint.com/:p:r/personal/cnavaso20864_universidadean_edu_co/Documents/Final%20Seminario%20de%20Investigaci%C3%B3n/Simulaci%C3%B3n%20FAVA%20Pasta%20Larga.pptx?d=w02e393c2eea54ffb877c2ed67ccb42bf&csf=1&web=1&e=BVOfkf

- **Sondas Rotronic® Higroflex 5**

Las temperaturas y humedades de la línea de producción y secado FAVA son medidas a través de estas sondas termohigrométricas con la capacidad de medir temperatura y humedad relativa de las zonas bajo un interfaz que visualizan en la pantalla HMI los valores obtenidos en tiempo real. De escaso mantenimiento, aseguran la medición de las variables y su confiabilidad. Su precisión para humedad relativa es inferior a 0.8%. Las especificaciones de las sondas pueden observarse en el siguiente link:

<https://www.rotronic.com/en/humidity-measurement-feuchtemessung-temperaturmessung/humidity-measurement-feuchte-messung/hygroflex5-hf5.html>

- **Molino de rotor Bühler SDM 19**

Equipo que permite acondicionar, mezclar y homogenizar muestras de pasta seca con alto grado de dureza. Son equipos comúnmente utilizados en las pruebas de laboratorios para obtener datos reproducibles. Este equipo está diseñado para que, por medio del rotor controlado con ajuste y regulación de apertura, pueda reducir el tamaño de la muestra a la granulometría deseada para el ensayo sin afectar significativamente el contenido inicial de humedad de la muestra. Esto se consigue gracias a la molienda uniforme de la muestra sin generar calor que afecte la medición. En el siguiente link puede observarse el equipo:

https://universidadeaneducomy.sharepoint.com/:p:r/personal/cnavaso20864_universidadean_edu_co/Documents/Final%20Seminario%20de%20Investigaci%C3%B3n/Molino%20B%C3%BChler.pptx?d=we00396bce6d445e7a7c84aa159b439c1&csf=1&web=1&e=hONGqU

- **Variable a modificar: % de Humedad Relativa del presecado:**

La variable seleccionada para estudiar el efecto de las variables de secado en la humedad final del producto es la Humedad Relativa del presecado expresada en porcentaje (%HR). Esta se resalta de color rojo dentro de la tabla 3 que guarda relación con la receta utilizada en la línea antes del estudio (período 2019 y primer semestre 2020), y después, que corresponde con los valores modificados y propuestos en el estudio para observar la posible incidencia de esta variable.

Es deber aclarar que los datos de las variables restantes de proceso (presiones, velocidades, temperaturas y humedades de otras zonas) no se mencionan dentro del presente documento, pues no se modifican durante el desarrollo del estudio y se controlan para que durante el mismo no presenten variaciones que afecten las mediciones finales, esto debido a que son la base del mismo.

Tabla 3. Dato de %HR antes y después de la modificación

Datos de Humedad Relativa y Temperatura en la zona de Presecado Antes							
Temperatura Aerotermo (°C)	% Humedad Relativa	Temperatura Primera Zona (°C)	% Humedad Relativa	Temperatura Segunda Zona (°C)	% Humedad Relativa	Temperatura Tercera Zona (°C)	% Humedad Relativa
52	48	62	52	67	56	77	60

Datos de Humedad Relativa y Temperatura en la zona de Presecado Después							
Temperatura Aerotermo (°C)	% Humedad Relativa	Temperatura Primera Zona (°C)	% Humedad Relativa	Temperatura Segunda Zona (°C)	% Humedad Relativa	Temperatura Tercera Zona (°C)	% Humedad Relativa
52	50	62	54	67	58	77	64

Fuente: elaboración propia.

- **Análisis de laboratorio:**

Una vez en el laboratorio, la muestra se reduce de tamaño y acondiciona por medio de un molino eléctrico Bühler SDM 19 en acero inoxidable el cual se puede regular a diferentes frecuencias y que a su vez es utilizado para lograr la granulometría definida por el proceso (se utiliza el ajuste # 2). Posteriormente se recolecta una muestra representativa del producto molido (aproximadamente 200g) y se separan 10g de producto ya homogenizado. Se dispone esta cantidad sobre el determinador de humedad halógeno marca Mettler Toledo® de modelo HR83 (previamente acondicionado y tarado), de manera espolvoreada cubriendo el total de la

bandeja o plato en aluminio. Después se espera de 10 a 12 minutos para verificar el resultado de la muestra.

- **Resumen fotográfico**

https://universidadeaneducu-my.sharepoint.com/:p:/g/personal/cnavaso20864_universidadean_edu_co/ESgvQSObfwtNiw06fA2zrpsB-AS46FYJ6TrKFZ6_tr-B_w?e=13d3n6

El siguiente link redirecciona a la operación empleada para la toma de la muestra:

https://universidadeaneducu-my.sharepoint.com/:p:/r/personal/cnavaso20864_universidadean_edu_co/Documents/Final%20Seminario%20de%20Investigaci%C3%B3n/Toma%20de%20la%20Muestra.pptx?d=w256d14183a6346a0b37d0add84075628&csf=1&web=1&e=g00blx

- **Evaluación sensorial**

La evaluación sensorial durante el proceso debe ser realizada al final de la línea de producción con el ánimo de asegurar que la pasta no ha sufrido daños durante la operación, los cuales se evidencian por alguna variación en el sabor y color característico. Para cumplir este requerimiento se evalúa a partir de la misma muestra tomada cada 60 min para la determinación de la humedad. Se aclara que la evaluación sensorial, como medida de calidad, es una prueba inherente que se realiza en planta sin variaciones significativas o frecuentes salvo posibles fallas que afecten el equipo y consecuentemente el producto. Como las variaciones sensoriales son imperceptibles al ojo humano en una amplia escala de humedades finales, la evaluación sensorial consiste para el presente estudio, en comprobar que el producto no se afecte por la modificación de la humedad relativa en el presecado.

9.3. Población y muestra

Para la presente investigación se aplicarán 2 estadísticos que se describen a continuación:

9.3.1. Estadística Descriptiva: se emplea para analizar los resultados históricos de los porcentajes de humedad final en la línea de producción FAVA pasta larga, ya que se requiere identificar la capacidad del proceso para cumplir con las características de

calidad requeridas. Se usan las siguientes medidas de la estadística descriptiva para estudiar los datos:

- **Medidas de tendencia central:** permiten conocer la tendencia central de los datos, es decir, identificar un valor en torno al cual los datos tienden a aglomerarse o concentrarse. Esto permitirá saber si el proceso está centrado; es decir, si la tendencia central de la variable de salida es igual o está muy próxima a un valor nominal deseado. Las medidas que se pueden analizar son la media, la mediana y la moda.
- **Medidas de dispersión o variabilidad:** Permite conocer en un conjunto de datos qué tan diferentes son entre sí, determinando su variabilidad o dispersión. Esto es un elemento vital en el estudio de la capacidad de un proceso. La variabilidad se puede medir a través de la desviación estándar muestral, de proceso, rango y coeficiente de variación. (Gutierrez Pulido & de la Vara, 2013)

9.3.2. Coeficiente de Correlación de Pearson

El coeficiente de correlación de Pearson es una medida numérica de la fuerza de la relación lineal entre dos variables continuas. Si la asociación entre los elementos no es lineal, entonces el coeficiente no se encuentra representado adecuadamente.

Es un hecho matemático que el coeficiente de correlación se encuentra siempre en un rango de valores entre -1 y 1. En este contexto, valores cercanos a -1 y 1 indican una fuerte relación lineal; asimismo, valores cercanos a cero indican una débil relación lineal. Cuando el resultado es negativo la relación entre variables es de proporcionalidad inversa. Por otro lado, cuando es positivo, la relación entre variables es directamente proporcional (Navidi, 2006)

Para el análisis de este coeficiente se empleará el software SPSS Statistics, es el acrónimo de Producto de Estadística y Solución de Servicio SPSS, es un software de la casa IBM que incluye estadísticas descriptivas, popular entre los usuarios de Windows. Comúnmente utilizado para realizar la captura y análisis de datos para crear tablas y gráficas con data compleja. El SPSS es conocido por su capacidad de gestionar grandes volúmenes de datos y es capaz de llevar a cabo análisis de texto entre otros formatos más. Se obtienen estadísticas básicas, incluyendo la tabulación cruzada, frecuencias, estadísticas de variables dobles como las pruebas T y ANOVA, lineal y modelos no lineales entre otros. Permite calcular de forma sencilla el coeficiente de correlación entre las variables del presente estudio

(humedades finales y relativas). También facilita la realización de histogramas de frecuencias para la visualización y análisis de los datos.

Adicionalmente, para evaluar el control del proceso, se realiza el cálculo de la capacidad del proceso (Cpk) que se conoce como índice de capacidad real del proceso que estima la capacidad potencial del proceso para cumplir con tolerancia definidas (Gutiérrez Pulido & de la Vara, 2013).

10. METODOLOGÍA PARTICULAR O DE SEGUNDO NIVEL

10.1. Selección de métodos o instrumentos para recolección de información

La técnica empleada para recolección de la información de la investigación fue el uso de medios propios de la empresa objeto de estudio, ya que la obtención de la muestra en la línea de producción FAVA pasta larga está estandarizado y dentro de este se encuentra definida la toma de la muestra en el punto más frío del equipo (identificado mediante controles visuales) para asegurar la obtención de la muestra con la humedad más alta de cada zona (en el peor escenario), como un indicador del correcto secado (que al tomarse en el punto más frío garantiza que todo el producto se encuentre máximo hasta ese valor). La muestra se toma bajo muestreo aleatorio simple al final de la línea, con una frecuencia establecida cada 60 minutos con la ayuda de un operador especializado. Se toma una cantidad aproximada entre 300 y 500g. La muestra de Spaguetti se guarda en un recipiente hermético para posteriormente conducirla a la zona de laboratorio donde se realiza el análisis respectivo de humedad. Resumen fotográfico:

https://universidadeaneducomy.sharepoint.com/:p:/r/personal/cnavaso20864_universidadean_edu_co/Documents/Final%20Seminario%20de%20Investigaci%C3%B3n/Montaje%20de%20la%20Muestra.pptx?d=w104951bcd46b424284da7eca5b98b77b&csf=1&web=1&e=GeNdCg

La recolección de datos para el análisis se obtiene del equipo **Determinador de humedad Mettler Toledo® HR83**, el cual se describe a continuación:

El equipo utilizado para el estudio es un determinador halógeno que cuenta con una precisión validada frente al método oficial (determinación de sustancia seca) de $\pm 0.3\%$. El equipo asegura un corto tiempo para la obtención de los resultados y es de fácil uso. Permite a personas poco capacitadas o familiarizadas con el equipo operarlo de forma sencilla y arroja resultados certeros bajo una operación básica. Proporciona datos confiables con mayor capacidad y rápida respuesta frente al sistema oficial, el cual es usado en el laboratorio como prueba de validación continua del método rápido. El manual del equipo usado puede consultarse en el siguiente link:

<https://www.manualslib.com/manual/1331748/Mettler-Toledo-Hr83.html>

A través de un software de desarrollo propio de la compañía el cual recolecta los datos de los determinadores de humedad, empleando una interfaz se obtienen datos que se exportan a Excel para obtener lo requerido para aplicar los estadísticos definidos para la investigación.

10.2. Medición de Variables

Productos Alimenticios Doria cuenta con 4 líneas de producción en planta Mosquera. De ellas, es la línea FAVA A de pasta larga donde se realiza el estudio. En esta línea se producen aproximadamente 15 referencias de pasta alimenticia, con diferentes frecuencias de producción de acuerdo a la demanda. El Spaguetti Clásico es el producto con mayor participación sobre las ventas, dada esta razón, se estudian los efectos generados al modificar los parámetros de secado. Es relevante mencionar que la humedad final es considerada como una variable crítica para la fabricación de pasta, puesto que es un indicador de la calidad del producto y también del cumplimiento legal de la norma que le aplica a la producción de pasta alimenticia.

Doria cuenta con equipos automatizados que permiten visualizar el comportamiento de cada una de las variables críticas de la fabricación. Esto facilita la obtención y tratamiento de los datos, y su posterior análisis, mediante herramientas estadísticas que facilitan identificar tendencias que ayudan a la toma de decisiones.

A través de un software de desarrollo propio de la compañía Doria, empleando una interfaz de almacenamiento y consulta, se obtuvo un listado del total de datos sobre humedades finales para el año 2019, para el primer semestre del 2020 y para septiembre del

2020, dichos datos se obtuvieron por los determinadores de humedad. Esto permite y facilita la trazabilidad necesaria para asegurar el seguimiento de la calidad de proceso y como medio de validación del cumplimiento del límite legal.

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta parte se desarrollarán los análisis de resultados de acuerdo con los estadísticos elegidos. El análisis consta de dos partes, inicialmente, el resultado de la estadística descriptiva, la cual se empleó para describir el comportamiento de la humedad final en el año 2019, y primer semestre del 2020, identificando la tendencia de los datos que permiten caracterizar la línea de producción objeto de estudio.

Posteriormente, para los datos obtenidos en el mes de septiembre del presente año, período en el cual se realizó la modificación definida en esta investigación, también se analizaron los datos con estadística descriptiva y se usó el coeficiente de correlación de Pearson para identificar si existe dependencia entre las variables de estudio en la producción de spaguetti Clásico en la línea FAVA A.

11.1. Análisis de resultados de estadística descriptiva

Los datos fueron analizados inicialmente para el 2019 y luego para el primer semestre de 2020, con el fin de identificar las características estadísticas de los datos antes del ajuste de la variable elegida.

El tamaño de la muestra de % de humedad final para spaguetti Clásico para el 2019 fue de 2813 resultados de los cuales 52 corresponden a datos atípicos que representan el 1.84% del total de la muestra y para el primer semestre del 2020 se tomaron 2281 resultados de los cuales 42 fueron atípicos, representando el 1.87%. Dichos datos fueron retirados del estudio debido a que las causas de los mismos son situaciones especiales que se atribuyen a errores de tipo humano o de máquina y pueden interferir en el análisis de la información objeto de estudio.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a través de Excel en la opción Estadística Descriptiva para la muestra de humedades finales de todo el 2019, y las del primer semestre del 2020 (Tablas 4 y 5 respectivamente), arrojando resultados para la media, mediana y moda, así como la desviación estándar, varianza y coeficiente de asimetría. También se analizaron los promedios mensuales para el porcentaje humedad final (Tabla 6), con el fin de identificar desviaciones con respecto a la media general obtenida. Se aplican en la herramienta “análisis de datos”.

Datos 2019

Tabla 4. Resultado Humedad Final año 2019.

Media	11,40
Error típico	0,005
Mediana	11,41
Moda	11,50
Desviación estándar	0,25
Varianza de la muestra	0,06
Curtosis	0,23
Coficiente de asimetría	-0,09
Rango	1,87
Mínimo	10,51
Máximo	12,38
Suma	32079,7
Cuenta	2813
Nivel de confianza (95,0%)	0,01

Fuente: Elaboración propia

Datos año 2020

Tabla 5. % Humedad Final Primer Semestre 2020

Media	11,39
Error típico	0,006
Mediana	11,37
Moda	11,37
Desviación estándar	0,28
Varianza de la muestra	0,08
Curtosis	0,26
Coficiente de asimetría	0,34
Rango	1,79
Mínimo	10,57
Máximo	12,36
Suma	25978,19
Cuenta	2281
Nivel de confianza (95,0%)	0,011

Fuente: Elaboración propia

La humedad final del 2019 ha presentado variaciones que oscilan entre el 11,27% y el 11.68%, con un rango del 1.87%. Se evidencia el primero como valor mínimo de humedad final para el mes de febrero, y se presenta el segundo como valor máximo de humedad final en septiembre. Para el 2020 fueron del orden de 10.57% y 12.36%, lo que refleja un comportamiento similar al del año pasado al obtener un rango de 1.79%. Los rangos obtenidos para los dos años, se vieron afectados por la eliminación de los datos anómalos que se encontraron por encima o debajo de los valores normales de la operación. Esos valores se retiran para que no interfieran con los resultados del estudio y corresponden al 1.84% y 1.87% para los años 2019 y 2020 respectivamente. Estos valores son considerados aceptables para el estudio.

La desviación estándar para el 2019 fue 0.25 y para el 2020 fue 0.28, lo que demuestra que la dispersión de los datos no es considerable. También se observa que la fluctuación de la humedad final para ambos años no es significativa, al comparar la media y la mediana que exhiben valores similares. Por una mínima variación en el resultado el año 2020 presentó una mayor dispersión en los datos de humedad final.

En los datos de ambos años se observa una media que se encuentra alrededor de 11,40% de humedad final, comprobando la similitud con el resultado del estudio realizado por De la Espriella donde el resultado de humedad final estaba en 11.0% y que, sumado a las observaciones realizadas en planta, identifica una oportunidad para incrementarla hasta el límite máximo establecido por la Resolución Colombiana N° 4393 de 1991.

Los datos obtenidos en las humedades finales para los años 2019 y 2020 se calcularon bajo un nivel de confianza del 95% con una distribución normal.

Datos año 2020 con ajuste de parámetros de secado

Tabla 6. % de humedad final septiembre 2020

		Estadísticos				
		Humedades_ finales_ensayo_ septiembre	Humedad_ relativa_ pre_ pre_ secado	Humedad_ relativa_ primera_ zona	Humedad_ relativa_ segunda_ zona	Humedad_ relativa_ tercera_ zona
N	Válido	423	423	423	423	423
	Perdidos	0	0	0	0	0
Media		11,8395	50,0558	54,0174	57,9936	64,0311
Mediana		11,9000	50,0700	54,0100	57,9700	64,0200
Moda		12,00	49,69 ^a	53,81 ^a	57,97 ^a	63,72
Desviación estándar		,28925	,85019	,43159	,75050	,91609
Varianza		,084	,723	,186	,563	,839
Rango		1,70	5,55	2,70	4,18	4,84
Mínimo		10,66	47,10	52,69	55,74	61,45
Máximo		12,36	52,65	55,39	59,92	66,29

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Tabla 6 que tanto la media, como la mediana de los datos, son casi el mismo valor lo que indica que el sistema de control de proceso es preciso y opera correctamente, esto se confirma adelante con el cálculo del C_{pk} o capacidad del proceso.

De acuerdo a los controles de calidad de producto no se evidenciaron afectaciones o variaciones en los resultados sensoriales y fisicoquímicos de rutina.

Se considera que la desviación estándar obtenida del 0.29% no refleja una dispersión de los datos considerable en humedades relativas y finales, por lo que no se considera que afecte los resultados del estudio y por lo contrario obedece a un control estricto de proceso propio de la automatización.

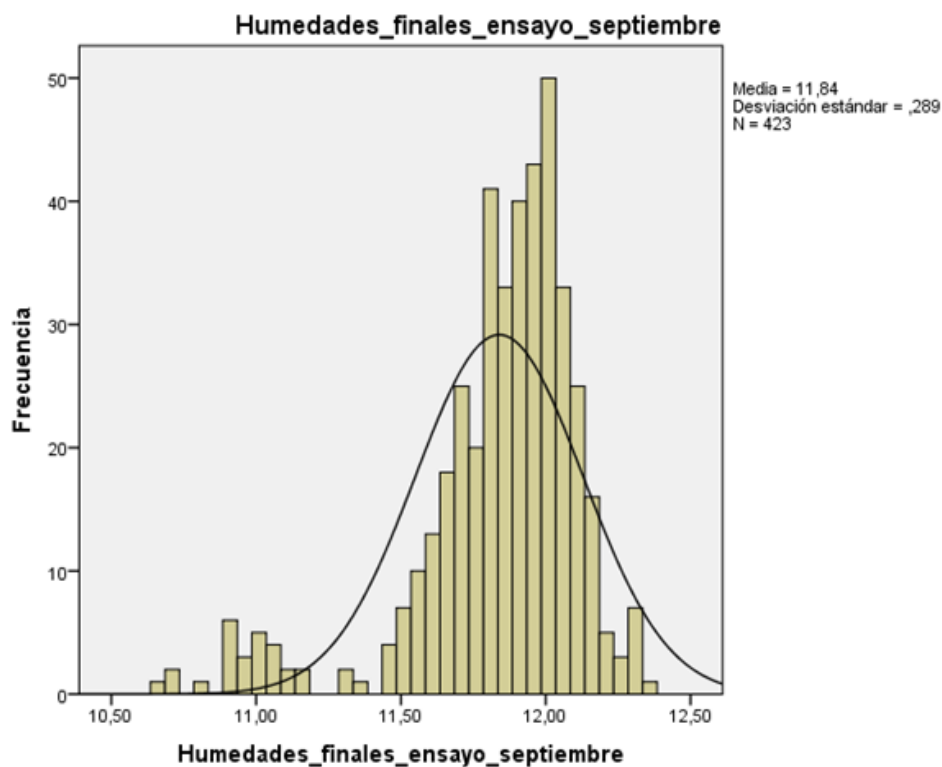
La moda obtenida para los datos de humedades finales producto del ensayo fue del 12,00%, lo que comprueba que a partir de las modificaciones de las humedades relativas en las diferentes zonas del presecado, se generó un incremento aproximado del 0.6% en las humedades finales obtenidas.

Para calcular la capacidad del proceso se usó la fórmula del C_{pk} la cual arrojó para el 2019 un valor de 1.19 y para el primer semestre del 2020 un valor de 1.06, lo que se considera aceptable en el presente estudio. Convencionalmente, el valor mínimo aceptable para C_{pk} es 1. En general, se considera que un valor C_{pk} de 1.33 es bueno (Navidi, 2006).

Se confirma el supuesto de Di Filippo donde se menciona que una modificación en la etapa inicial de secado (presecado) tiene efectos en las subsiguientes zonas. Solo modificando variables del presecado se obtuvieron incrementos en las humedades finales.

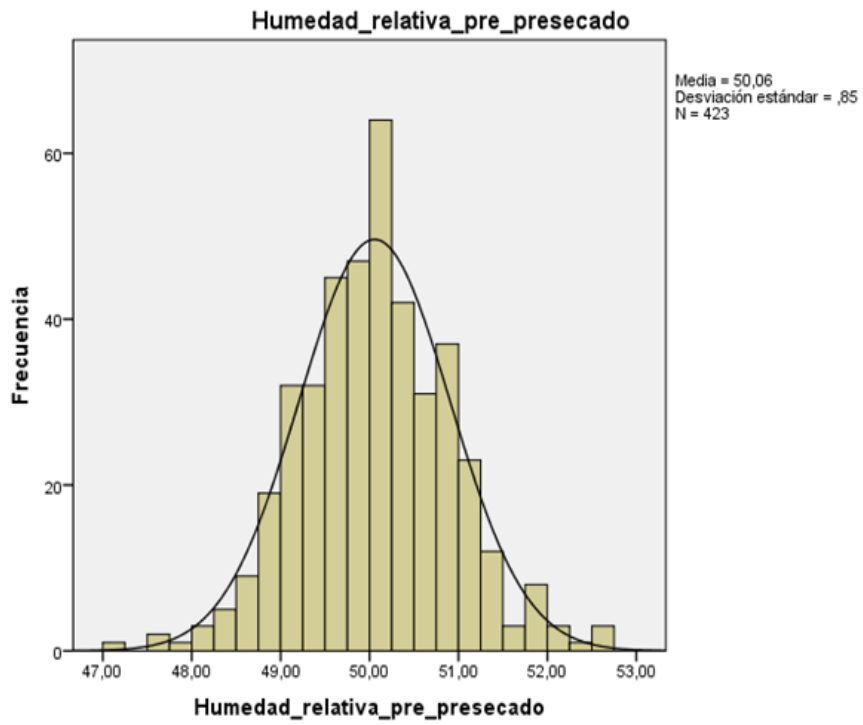
En las figuras 6, 7, 8, 9 y 10 se relacionan los histogramas de frecuencias para las humedades finales y relativas para el mes del ensayo, hechos en SPSS, los cuales siguen una distribución normal, con un nivel de confianza del 95%.

Figura 6. Humedad Final Ensayo Septiembre



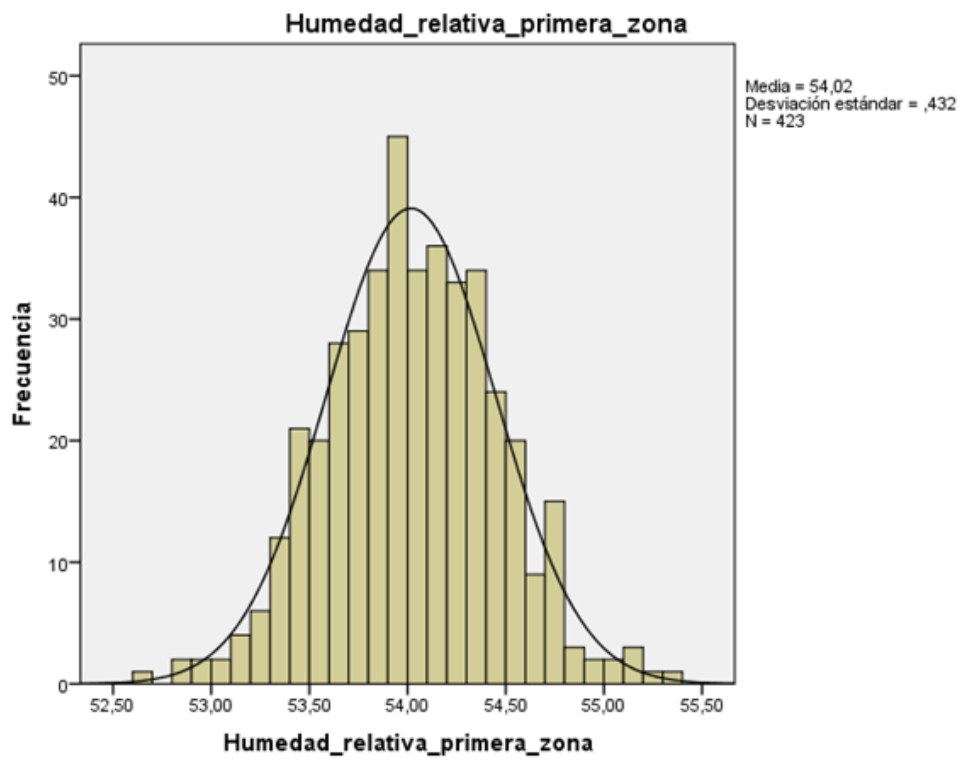
Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Humedad Relativa Pre-secado Septiembre



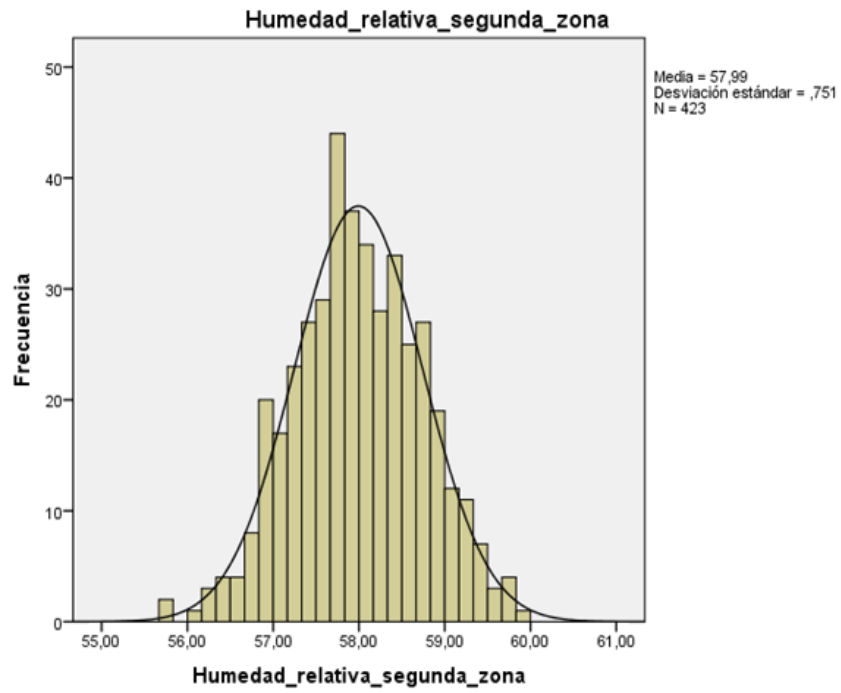
Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Humedad Relativa 1^{era} zona Pre-secado Septiembre



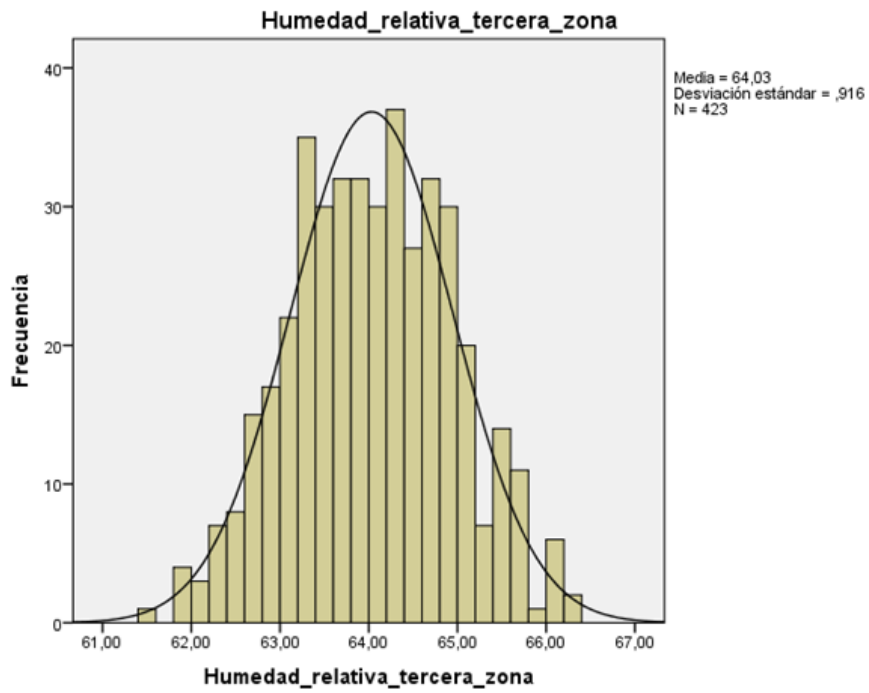
Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Humedad Relativa 2^{da} zona de Pre-secado Septiembre



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Humedad Relativa 3^{era} zona de Pre-secado Septiembre



Fuente: Elaboración propia

11.2. Análisis de resultados por Coeficiente de Correlación de Pearson

Al aplicar la correlación de Pearson se obtuvieron los siguientes valores para el mes de septiembre

Tabla 7. Coeficiente de Correlación de Pearson Humedad Final

		Correlaciones				
		Humedades_ finales_ensayo_septiembre	Humedad_rel ativa_pre_pre secado	Humedad_rel ativa_primera _zona	Humedad_rel ativa_segunda_zona	Humedad_rel ativa_tercera_ zona
Humedades_finales_ensayo_septiembre	Correlación de Pearson	1	,054	,054	,045	,060
	Sig. (bilateral)		,269	,269	,352	,217
	N	423	423	423	423	423
Humedad_relativa_pre_pre secado	Correlación de Pearson	,054	1	,086	,003	-,001
	Sig. (bilateral)	,269		,078	,945	,979
	N	423	423	423	423	423
Humedad_relativa_prime ra_zona	Correlación de Pearson	,054	,086	1	-,013	-,016
	Sig. (bilateral)	,269	,078		,797	,746
	N	423	423	423	423	423
Humedad_relativa_segunda_zona	Correlación de Pearson	,045	,003	-,013	1	,005
	Sig. (bilateral)	,352	,945	,797		,924
	N	423	423	423	423	423
Humedad_relativa_tercera_zona	Correlación de Pearson	,060	-,001	-,016	,005	1
	Sig. (bilateral)	,217	,979	,746	,924	
	N	423	423	423	423	423

Fuente: Elaboración propia

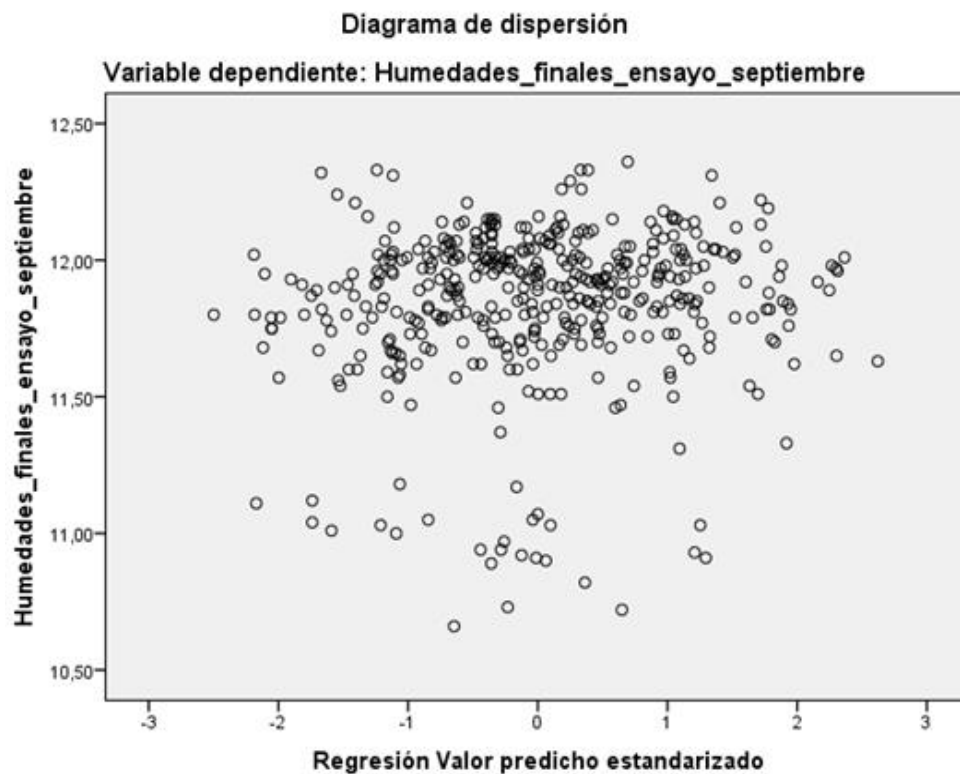
Los resultados obtenidos en la tabla 7 de correlación de Pearson tanto en humedades finales como relativas muestran un valor positivo, lo que refleja una relación de proporcionalidad directa, es decir que a medida que aumentamos la humedad relativa de las zonas del pre-secado aumenta la humedad final del producto. Sin embargo, el cálculo del coeficiente menciona que a medida que se hace mayor la dependencia lineal es más fuerte. Para los resultados obtenidos se observa que, a pesar que los resultados fueron positivos, se encontraron cercanos a cero lo que indica que existe dependencia lineal pero que en los resultados del presente estudio no fue muy fuerte.

Dentro del presente estudio se esperaba un resultado con un valor mayor de correlación, sin embargo, se infiere que pudo presentarse el fenómeno conocido como Confusión. La confusión ocurre cuando hay una tercera variable correlacionada con las dos variables de interés, lo que da como resultado una correlación entre ambas (Navidi, 2006). Para fines del presente estudio se considera que las temperaturas de las zonas del presecado pudieron tener variación ocasionando el fenómeno de confusión que se pueden relacionar con las humedades relativas. Se recomienda para un futuro estudio considerar como variable la temperatura de las diversas zonas que se relaciona con el proceso de secado.

Finalmente se menciona que al calcular la correlación de Pearson los valores de cada una de las variables fueron similares y estuvieron en valores comprendidos entre 0.045 y 0.060.

A continuación, se observa la Figura 12 que representa el diagrama de dispersión para las variables correlacionadas

Figura 11. Diagrama de dispersión Humedad Final Ensayo Septiembre



Fuente: Elaboración propia

Se demuestra que existe una amplia dispersión en la gráfica que puede interpretarse como la baja correlación obtenida para cada una de las variables, sin embargo, se reitera que guardan una relación positiva en el cálculo del coeficiente.

12. CONCLUSIONES

De acuerdo con el objetivo propuesto sobre el análisis de humedades finales de la referencia objeto del estudio, se concluye que, al comparar los resultados de estadística descriptiva (tendencia central y dispersión) para los años 2019 y primer semestre del 2020, efectivamente se identifica una diferencia significativa (con un intervalo de confianza del 95%), que puede ser potencialmente aprovechable por la compañía, entre los resultados

actuales de humedades finales del Spaghetti Doria y el definido como el límite máximo (13.0%) establecido por la norma que regula las pastas alimenticias en Colombia (Resolución 4393 de 1991).

El cálculo del valor del C_{pk} (capacidad del proceso) confirma que el control de proceso, automatización y lazo de control cerrado del equipo (frente al control de humedades finales), es aceptable en la línea FAVA A de pasta larga.

Se concluye, según el objetivo propuesto de comparación de datos de humedades finales obtenidas a partir del ensayo vs las del año 2019 y primer semestre del 2020, que se obtuvo un incremento aproximado (según media) de un 0.6% al alcanzar el 12.0% de humedad final en la referencia. El resultado obtenido fue consecuencia de aumentar en un 2.0% todas las humedades relativas de la zona del presecado que se encontraban fijas desde el momento de la creación de la receta por parte del proveedor de la línea de secado. Se confirma en el presente estudio que las humedades relativas y las humedades finales guardan proporcionalidad directa, comprobada mediante la relación positiva obtenida entre las variables a través del coeficiente de correlación de Pearson que, para el presente estudio, fue débil (0.053 en promedio). Se sugiere evitar la confusión estadística incluyendo la variable temperatura en estudios futuros.

Como parte de los efectos obtenidos, formulados como objetivo, se destaca que, al aprovechar el incremento de humedad final logrado en el presente estudio (0.6%), se consigue como beneficio un aumento de la capacidad del equipo FAVA A pasando de producir 3.500 Kg/h (nominal) a un 11.4% de humedad final, a producir 3.710 Kg/h a un 12.0% de humedad final. Esto sin detectar variaciones en las características fisicoquímicas y/o sensoriales del producto medidas en pruebas de rutina. Esto contribuirá a mejorar el costo por Kg de producto.

13. RECOMENDACIONES

Es importante retroalimentar a los equipos de trabajo sobre el ejercicio de determinación de humedades en el proceso productivo, debido a que, al momento de interpretar y analizar

los datos, se encontraron valores anómalos que afectaban el estudio y que se tuvieron que retirarse para no afectarlo. Básicamente se deben a selecciones erróneas de las recetas en los determinadores, el uso del equipo para calcular la humedad de otras referencias y otros factores asociados a error humano.

Se recomienda considerar en los estudios la variable temperatura, variable fundamental para ejercer el secado del producto en las diversas zonas de la línea, con el objetivo de evitar el fenómeno conocido como “confusión”. Es probable que la temperatura en el secado sea considerada como una variable de confusión.

Es importante actualizar el software de la línea FAVA A para que permita descargar el registro de los datos de humedades relativas. Una de las dificultades más grandes del estudio fue obtener las humedades relativas a partir del cálculo en una aplicación psicométrica. Las líneas con software actualizado (como la Línea B en Doria) no sólo permiten visualizar los datos como la línea A, sino que conservan su registro, algo que facilitaría la obtención de los datos para su posterior tratamiento y análisis futuro.

Se considera útil continuar incrementando la humedad final hasta el tope establecido por la norma, sin embargo, se sugiere correlacionarlos con análisis y estudios microbiológicos y de vida útil para evitar posibles defectos asociados al aumento de la actividad acuosa en el producto. También correlacionar con estudios sensoriales que den soporte a los supuestos que afirman no existir diferencias significativas en el producto.

Se sugiere estudiar también los efectos producidos por la modificación de las variables en el secador pues, para el presente estudio, tan sólo se modificaron las humedades relativas de la zona del presecado.

Se recomienda iniciar una reforma sistemática de las recetas de secado haciendo extensivos los resultados e intereses del estudio, esto generaría valor para la compañía por el aumento de las capacidades de las líneas de secado, lo que redundaría en otros indicadores como productividad y costo por kilogramo.

14. LISTA DE REFERENCIAS

- Benavides, L. G. (2017). Cada colombiano consume 3 kilos de pasta anualmente y gasta \$14.000. *La República*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/empresas/cada-colombiano-consume-3-kilos-de-pasta-anualmente-y-gasta-14000-2516801>
- Berovides-Castellón. (2012). *La gestión de la calidad en una empresa de pastas alimenticias*. Obtenido de www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362013000300003&Ing=en&tIng=en
- De la Espriella, M. (2010). *Determinación de la vida útil de spaguetti y fideos doria (elaborados en Barranquilla) bajo condiciones aceleradas*. Obtenido de www.ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1078&context=ing_alimentos
- Di Fillipo. (2012). *Taller de pastificación Escuela Lationamericana de Molinería (ESLAMO)*. Venezuela.
- FAVA. (2020). *FAVA impianti per pastifice*. Obtenido de www.fava.it/fava_pasta_production_line.asp?line=3&lang=EN
- Gélinas, V. y. (2007). *Drying Kinetics of Whole durum wheat pasta according to temperature and relative humidity*. Obtenido de www.goi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1016/j.lwt.20016.01.004
- Gutierrez Pulido, & de la Vara. (2013). *Control Estadístico de la calidad y seis sigma*.
- Martinez, S. (2010). *Utilización de pastas como alimentos funcionales (Tesis de Grado)*. Obtenido de www.sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/2694/Documento_completo.pdf?sequence=1
- Mercier, e. (2013). *Sensitivity analysis of parameters affecting the drying behaviour of durum wheat pasta*. Obtenido de www.doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1016/j.jfoodeng.2013.09.028
- Mosquera, e. (2015). *Modelamiento de la operación unitario de deshidratación bajo diferentes esquemas de secado*. Obtenido de www.vip.ucaldas.edu.co/vector/downloads/Vector6_13.pdf

Navidi, W. (2006). *Estadística para ingenieros y científicos*. Mc Graw Hill.

NTC 1055. (2007). *Norma Técnica Colombiana. Pastas Alimenticias*.

Nutresa. (2020). *Informe Integrado*. Bogotá. Obtenido de
intra.gruponutresa.com/intDoria/dorianet.nsf/frPrincipal

Resolución 4393. (1991). *Ministerio de Salud. Por el cual se reglamenta parcialmente la ley 09 de 1979, Título V, en lo referente a fabricación, empaque y comercialización de pastas alimenticias*.

Roberto Hernandez Sampieri, C. F. (2014). *Metodologías de la Investigación*. México DF:
McGraw Hill Interamericana.

Xing, H. S. (2006). *Revista de Ingeniería Alimentaria. Imágenes de RMN de secado continuo e intermitente de la pasta*. Obtenido de <https://ialimentaria.com.ar/>