

**Diseño de una línea de producción automatizada para la fabricación de arepas
boyacenses**

Julia Carolina Guerrero Plazas

Asesora

Ing. Nubia Stella Salazar

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería EBTIC

Ingeniería Industrial

2025

Resumen

Con el desarrollo de este proyecto se diseñó una línea de producción automatizada para la fabricación de arepas boyacenses a partir del análisis del proceso, donde mediante la implementación de sistemas, maquinaria y herramientas autónomas, se pretende dar una visión del proceso productivo si se implementaran sistemas tecnológicos, mediante software de simulación. Este estudio se desarrolló bajo metodología mixta, en la cual se tomó una muestra de 4 microempresas ubicadas en el municipio de Ramiriquí - Boyacá, a las cuales se les realizó un cuestionario a fin de identificar el estado actual del sistema productivo que están implementando actualmente para llevar a cabo la manufactura del producto mediante el análisis de datos como (tiempos de producción, capacidad del sistema, nivel de eficiencia y eficacia, factor humano, factores de variación, entre otros) los cuales fueron analizados en el software Excel mediante la representación de gráficas, además se identificaron sistemas, maquinaria y herramientas tecnológicas, utilizados en la industria como optimizadores de procesos, es así como en base a la información recolectada se logró diseñar una línea de producción que fusiona las etapas del proceso tradicional pero ajustadas a herramientas autónomas, que hacen que el proceso mejore considerablemente en eficiencia y productividad. Podemos concluir que los sistemas tecnológicos aportan considerablemente a la optimización de los procesos productivos, haciendo que estos mejoren en rendimiento, eficiencia y productividad.

Palabras clave: Diseño, Proceso, Automatización, Operaciones

Abstract

With the development of this project, an automated production line was designed for the manufacture of Boyacá arepas based on the analysis of the process, where through the implementation of systems, machinery and autonomous tools, it is intended to give a vision of the production process if technological systems were implemented, through simulation software. This study was developed under a mixed methodology, in which a sample of 4 microenterprises located in the municipality of Ramiriquí - Boyacá was taken, to which a questionnaire was carried out in order to identify the current state of the production system that they are currently implementing to carry out the manufacture of the product through the analysis of data such as (production times, system capacity, level of efficiency and effectiveness, human factor, variation factors, among others) which were analyzed in the Excel software through the representation of graphs, in addition systems, machinery and technological tools were identified, used in the industry as process optimizers, this is how based on the information collected it was possible to design a production line that merges the stages of the traditional process but adjusted to tools autonomous, which make the process considerably improve in efficiency and productivity. We can conclude that technological systems contribute considerably to the optimization of production processes, making them improve in performance, efficiency and productivity.

Keywords: Design, Process, Automation, Operations

Tabla de Contenido

Introducción.....	10
Planteamiento del Problema	12
Justificación	15
Objetivos.....	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos	18
Marco Referencial	19
Marco Conceptual.....	19
Marco Teórico.....	26
Metodología.....	34
Cronograma de Actividades	37
Antecedentes Históricos del Proceso de Fabricación de la Arepa Boyacense	39
Cuadro Comparativo sobre Antecedentes Históricos sobre el Proceso de Fabricación de la Arepa Boyacense	40
Diagnostico del Sector Manufacturero de la Arepa Boyacense	50
Diagnóstico al Sector Manufacturero de la Arepa Boyacense a Fin de Identificar el Estado Actual de la Línea de Proceso que se está Manejando, Mediante la Aplicación de una Encuesta a 4 Microempresas del Sector Ubicadas en el Municipio de Ramiriquí.	50

<i>Análisis de la Encuesta</i>	55
Sistemas y/o Maquinaria Autónoma en la Industria Manufacturera	73
Identificar Sistemas y Maquinaria que Permitan Automatizar los Procesos de Manufactura en la Industria Alimentaria, a Fin de Identificar las que Mejor se Ajusten a la Producción de Arepas.	73
<i>Diagrama de Proceso Sectorial de la Arepa Boyacense de la Línea de Producción tradicional/mecanizada</i>	94
<i>Diagrama de Proceso Sectorial de la Arepa Boyacense, Para la Línea de Producción Automatizada</i>	98
Modelado y Validación de la Línea de Producción Automatizada	104
Modelar y Validar el Funcionamiento de la Línea de Producción Diseñada Mediante el Uso del Software Flexsim	104
Análisis de Resultados.....	110
Conclusiones.....	117
Recomendaciones	118
Abreviaturas	119
Referencias bibliográficas	120
Apéndices	125

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Cuadro comparativo antecedentes históricos</i>	40
Tabla 2 <i>Microempresas productoras de arepas en Ramiriquí</i>	52
Tabla 3 <i>Líneas de producción automatizadas</i>	73
Tabla 4 <i>Maquinaria industrial usada para la producción de arepa</i>	90
Tabla 5 <i>Resumen línea de fabricación automatizada</i>	93

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Diseño metodológico</i>	35
Figura 2 <i>Cronograma de actividades</i>	37
Figura 3 <i>Georeferenciación de las microempresas</i>	51
Figura 4 <i>Tipo de sistema productivo</i>	55
Figura 5 <i>Herramientas equipos y/o maquinaria utilizados en el sistema productivo</i>	56
Figura 6 <i>Tipo de combustible como fuente de energía</i>	58
Figura 7 <i>Tiempo de proceso de fabricación de la arepa</i>	59
Figura 8 <i>Capacidad de producción del sistema</i>	60
Figura 9 <i>Capacidad de producción del sistema</i>	61
Figura 10 <i>Variación en la producción</i>	62
Figura 11 <i>Factores de variación</i>	63
Figura 12 <i>Etapa del proceso que requiere mayor esfuerzo humano</i>	64
Figura 13 <i>Cantidad de operarios</i>	65
Figura 14 <i>Tipo de actividad que realizan los operarios</i>	66
Figura 15 <i>Medida de eficiencia y eficacia</i>	67
Figura 16 <i>Calificación del impacto de la incorporación de maquinaria autónoma en la línea de proceso</i>	70
Figura 17 <i>Contemplación de alguna alternativa tecnológica</i>	71

Figura 18 <i>Flujograma del proceso productivo de la arepa en sistema tradicional</i>	97
Figura 19 <i>Flujograma del proceso productivo de la arepa en un sistema automatizado</i>	102
Figura 20 <i>Diseño línea de producción automatizada</i>	106
Figura 21 <i>Línea de producción en funcionamiento</i>	107
Figura 22 <i>Línea de producción con estadísticas</i>	107
Figura 23 <i>Boceto línea de producción con la maquinaria propuesta</i>	108
Figura 24 <i>Salidas de producto por estación</i>	112
Figura 25 <i>Cantidad de producto fabricado / hora</i>	112
Figura 26 <i>Capacidad del sistema automatizado vs mecanizado</i>	113
Figura 27 <i>Estado de las operaciones en el sistema automatizado</i>	114
Figura 28 <i>Total salidas/estación sistema automatizado</i>	115
Figura 29 <i>Estado de los operadores sistema automatizado</i>	116

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Cuestionario de Preguntas</i>	125
Apéndice B <i>Tabulación del Cuestionario</i>	125
Apéndice C <i>Simulación de la línea de producción Automatizada</i>	125

Introducción

La tradicional arepa boyacense es un alimento originario de la cultura indígena asentada en la región andina, este producto es característico por ser elaborado a base de una masa de maíz con un relleno de cuajada y/o queso fresco de sabor dulce. En el transcurso de su operación manufacturera se han implementado técnicas tanto artesanales como mecánicas para su fabricación, en los últimos años dados los avances tecnológicos, se han incorporado tanto herramientas como maquinaria operada mecánicamente y bajo sistemas eléctricos, los cuales han permitido mejorar considerablemente sus procesos, logrando así reducir tanto los tiempos de producción, la carga de trabajo, como el esfuerzo físico del personal.

Aun así, se presentan algunas falencias que no permiten que la producción sea totalmente eficiente y óptima, entre las que podemos mencionar, los tiempos muertos de producción, generación de altas temperaturas incontroladas, afectaciones al medio ambiente dados los altos índices de CO_2 que se generan en el proceso de producción, así mismo la salud de los operarios la cual puede verse seriamente afectada a corto, mediano o largo plazo dadas las largas jornadas de trabajo, en las cuales se ven expuestas a altas temperaturas así como inhalaciones de humo, de igual manera ocasionalmente se presentan pérdidas de producto en proceso, entre otras.

Todas estas falencias impactan de manera directa y/o indirecta, no solo a nivel de producción, también afectan al medio ambiente y no menos importante la economía y salud de los trabajadores, los cuales al estar expuestos a largas jornadas en condiciones extremas de temperatura e inhalaciones de CO_2 o gases tóxicos, adquieren enfermedades (pulmonares, Oseas, renales, musculares, etc.) que claramente impiden que puedan desempeñar sus labores de la mejor manera, sin contar en el gasto económico al cual se ven

expuestos para su tratamiento, y que claramente muchas veces no alcanza a cubrir su salario.

Por tal motivo, el siguiente proyecto pretende diseñar una línea de producción automatizada, que se ajuste a los requerimientos del producto a fabricar (arepas boyacenses), pero que a la misma vez mitigue el impacto ambiental que genera este proceso productivo, al igual que mejore las condiciones laborales del personal operante, a fin de que estas no incidan negativamente en su salud física.

El desarrollo del proyecto comprende desde el análisis del estado actual del sistema productivo de la arepa boyacense, evaluado mediante la implementación de un cuestionario a 4 microempresas del sector, así mismo se identificó las diferentes sistemas y métodos de automatización que se están implementando en la industria para diseñar procesos más autónomos, esto a fin de identificar el que más se ajuste al proceso en cuestión, hasta el diseño y modelado de la línea de producción mediante la implementación del software Flexsim, obteniendo así una línea de producción óptima y eficiente para la fabricación de arepas tradicionales boyacenses.

Planteamiento del Problema

La arepa es catalogada como una especie de pan hecho a base de maíz (cocido, precocido o pelado), agua y sal, su forma característica es circular, gruesa o delgada que puede comerse sola, rellena con otros alimentos o que se sirve como pan para acompañar sopas o el plato principal. Se cocina en burdare, en plancha, en horno, frita, o en un aparato particular llamado tostiarepas. (Ruiz, B & Pineda, C 2014). Esta es una de las tantas definiciones de la arepa, pero puede variar dependiendo de la región donde se prepare al igual que sus características físicas.

Colombia es uno de los principales embajadores de este manjar, por lo que su consumo se ha hecho masivo sin distinción de género, edad, cultura, etc, por lo que ha sido reconocido como patrimonio cultural. Este derivado del maíz ha estado en la mesa de los colombianos desde antes de la conquista española, ya que nuestras antiguas tribus indígenas cultivaban el maíz, para preparar sus diferentes alimentos, entre ellos la hoy conocida arepa.

Según Diana Vernot, profesora del departamento de artes culinarias de la universidad de la sabana, “la arepa boyacense es un mestizaje culinario, teniendo en cuenta que su preparación es característica por tener una corteza de masa y un relleno de cuajada”, por tanto se dice que la cultura indígena preparaba la arepa moliendo el maíz con los dientes y formaban la arepa con sola masa, pero con la llegada de los españoles también llegaron las vacas, es decir se empezó a producir queso y cuajada, la cual se convertiría en el relleno de este producto, así como la caña de azúcar y sus técnicas de refinación ingrediente también característico de este producto.

La arepa boyacense es un producto típico del departamento de Boyacá, se consigue al cocinar una mezcla de harina de maíz y trigo, sal y cuajada para la corteza, y en su relleno cuajada mezclada con azúcar. Según Lulu (2014) tradicionalmente la arepa boyacense es asada directamente en las brasas sobre hojas de bijao, pero no siempre, en ciertos pueblos también suelen asarlas sobre una plancha gruesa de piedra llamada laja que

ponen encima de las brasas. La opción moderna es una estufa que tiene unos compartimientos donde ponen las arepas apiladas y giran mientras se cuecen.

La tradicional arepa boyacense ha pasado por varios cambios a través de su proceso manufacturero, lo que ha hecho que aquellos que las preparan mejoren sus procesos e implementen técnicas a fin de mejorar el producto, así como colocar su toque personal. En sus principios su actividad era totalmente manual desde moler el maíz para conseguir la harina hasta dorar el producto final, en los últimos años dada la aparición de herramientas modernas como el molino de mano o eléctrico, la mojadora eléctrica, los asadores eléctricos, entre otras tantas, que facilitan la realización de las tareas y las cuales han venido siendo incorporadas al proceso productivo de este alimento, han permitido que los tiempos de producción redujeran, aumentar la capacidad de producción, la carga de trabajo se redujera, etc.

Aun así, hoy día la mayoría de los fabricantes trabajan mediante procesos mecánicos, por lo que necesita la asistencia del personal constantemente, para velar que los procesos funcionen correctamente, a pesar de que las herramientas mejoraron significativamente el proceso, este sigue presentando algunas falencias que no permiten que la línea de producción funcione de manera continua y sin retrasos. Por otra parte, la fuente de calor principal y la representativa para la cocción de este producto es la leña ya que le aporta al producto su sabor característico, lo que hace que su intensidad calorífica no sea controlada, es así que sus niveles pueden aumentar o reducirse en cualquier momento, acción que genera pérdidas en producción, tanto de tiempo como de producto, además que genera daños significativos tanto al medio ambiente (dadas las emisiones de CO₂, que se generan en el proceso así como el aumento de la tala de árboles dado su alto consumo, etc),

como a la salud de los operarios (al verse expuestos a altas temperaturas, inhalaciones de humo, posibles accidentes por quemaduras, etc, dadas las largas jornadas laborales), entre otros efectos que conlleva este proceso. Por tal motivo el siguiente proyecto pretende definir ¿Cuál línea de producción automatizada es la óptima para la producción de la tradicional arepa boyacense?

Justificación

La arepa boyacense es un plato típico del departamento de Boyacá, por lo que el municipio de ventaquemada es conocido como el punto de encuentro de muchos turistas que buscan degustar de una deliciosa arepa. Según Baracaldo L, & Ávila, J (2017) este producto es de consumo masivo y forman parte de la canasta básica familiar para el pueblo colombiano.

Dado su alto consumo y años de tradición es un producto que es altamente fabricado tanto en el departamento como en otras regiones del país, aunque son pocas las fábricas que han optado por incorporar a sus procesos herramientas tecnológicas, debido al alto costo de inversión que se necesita; estas empresas siguen operando de manera artesanal, dado que de esta operación manufacturera dependen económicamente muchos hogares colombianos.

Con el desarrollo de este proyecto se pretende diseñar una línea de producción automatizada que permita mejorar el proceso de producción de arepas boyacenses, así mismo contribuya al desarrollo y tecnificación de este proceso productivo que es altamente conocido y desarrollado por gran parte de la población boyacense.

Técnicamente este proyecto pretende automatizar el proceso de producción de la arepa boyacense, a partir del diseño de una línea de producción totalmente autónoma, que permita mejorar la calidad de los procesos, así como optimizar tiempos y recursos, al igual que contribuya a el mejoramiento de las condiciones laborales de los operarios, sin que estas atenten contra su salud.

Por otra parte económicamente necesitara de una fuerte inversión (en caso de que se llevara a un plano real), pero que con el transcurso del tiempo se verá reflejada en una mayor productividad y eficiencia de los procesos, en la satisfacción del recurso humano y

en el aumento de la capacidad productiva de un producto de mayor calidad a un menor costo y tiempo, teniendo en cuenta que al mejorar los procesos, los costos de producción tienden a reducirse, la capacidad de producción aumenta, la generación de productos obsoletos disminuyen al igual que los desperdicios, se reducen los riesgos laborales, disminuye la carga laboral y el esfuerzo físico para el operario, entre otros factores que harán que la actividad económica sea más eficiente y productiva, como el acceso a nuevos mercados, generación de valor agregado para el producto haciéndolo más competitivo, mejorando así la rentabilidad de la microempresa.

Es así como la automatización nace como alternativa de optimización para la industria manufacturera, si bien es cierto que su implementación conlleva una fuerte inversión económica, esta es posible ir implementándola de manera progresiva según las necesidades del proceso, vale la pena su implementación ya que al ser sistemas más precisos y avanzados benefician enormemente la economía de las microempresas, ya que al mejorarse los procesos, principalmente en términos de tiempo, capacidad y calidad, se asegura una producción más limpia y eficiente, haciendo que los costos de producción se reduzcan y aumente la productividad del sistema, lo cual repercutirá en la recuperación de la inversión realizada durante un lapso de tiempo razonable.

Gracias al desarrollo de este proyecto se busca establecer un proceso de producción más amigable con el medio ambiente, la arepa boyacense es un producto que se caracteriza porque su principal fuente de energía es la leña, dado que este recurso natural es altamente consumido en el proceso y que por su combustión genera altos niveles de CO_2 que son posteriormente expulsados al medio ambiente, se pretende evaluar una nueva fuente de energía calorífica que mejore el proceso pero sin perder las propiedades del producto, a su

vez sea amigable con el medio que lo rodea, así evitaríamos contribuir a la tala de árboles al igual que seguir contaminando la capa de ozono.

Otra de las razones por las que se considera importante desarrollar este proyecto, no menos importante que las anteriores, es contribuir a mantener las tradiciones de nuestra cultura colombiana, a través del mejoramiento de procesos sin perder la esencia de nuestros productos que nos identifican.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una línea de producción automatizada que permita optimizar el proceso de fabricación de arepas boyacenses.

Objetivos Específicos

Identificar las herramientas, maquinarias y equipos, que se han estado utilizando en el proceso de fabricación de la arepa boyacense desde sus inicios hasta la actualidad y clasificarlos según el tipo de sistema productivo (artesanal, mecánico o automático) al que pertenecen.

Realizar un diagnóstico al sector manufacturero de la arepa boyacense a fin de identificar el estado actual de la línea de proceso que se está manejando, mediante la aplicación de una encuesta a 4 microempresas del sector ubicadas en el municipio de Ramiriquí.

Identificar sistemas y maquinaria que permitan automatizar los procesos de manufactura en la industria alimentaria, a fin de identificar las que mejor se ajusten a la producción de arepas.

Modelar y validar el funcionamiento de la línea de producción diseñada mediante el uso del software Flexsim.

Marco Referencial

Marco Conceptual

Arepa

Según la NTC 5372 este es un producto para consumo humano obtenido a partir de la masa de maíz blanca, amarilla o mezcla de ambas previamente cocida, mezclada con otros ingredientes tales como sal, queso, entre otros y que debe ser almacenada en refrigeración de 4 °C a 10 °C.

Este producto puede variar según su preparación, según la NTC 5372 podemos encontrar los siguientes derivados:

Arepas Integrales. Pueden contener germen y salvado de trigo, leguminosas u oleaginosas.

Arepas Blancas, Amarillas o Mezcla de Ambas, Tipo Antioqueña. Elaborado con maíz blanco, amarillo o mezcla de ambos, molido, cocido y amasado sin ingredientes.

Arepas con Queso y Mantequilla, Queso y Margarina o Queso con Margarina y Mantequilla. Contiene dentro de sus ingredientes principales mezcla de queso fresco, con adición de mantequilla, margarina o ambas.

Arepas Rellenas de Queso. Contiene en su interior una porción de queso fresco, separado de la mezcla base.

Arepas con Queso Fresco. Contiene como mezcla base, masa de maíz con queso fresco.

Arepas con Queso, Rellenas de Queso Fresco. Contienen en su interior una porción de queso fresco, separado de la mezcla base y masa de maíz con queso fresco.

Arepas de Masa Dulce. A la cual se le ha adicionado azúcar u otro edulcorante en su mezcla base, que confiere sabor dulce a la masa.

Maíz

El Maíz, palabra de origen indio caribeño, significa literalmente «lo que sustenta la vida». Botánicamente es conocido como (*Zea Mayz*) pertenece a la familia de las gramíneas y es una planta anual alta dotada de un amplio sistema radicular fibroso (FAO, 1993). Este alimento es considerado uno de los tres cereales más consumidos a nivel mundial junto con el trigo y el arroz (Rodríguez; Higuira & Bonilla, 2018), aporta nutrientes a los seres humanos y a los animales y es utilizado como materia prima básica de la industria manufacturera, con la que se producen almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y, desde hace poco, combustible. El maíz se caracteriza por ser principalmente de color blanco o amarillo, pero también se destacan otras variedades de color rojo, negro y jaspeado.

Tipos de Cocción de las Arepas

la arepa es un alimento que ha estado en la mesa de los colombianos desde hace muchísimos años, por lo que su trayectoria y variedad han hecho de esta un alimento que ha pasado por diversidad de técnicas para su fabricación, la cocción de este producto ha sido uno de los procesos que ha tenido mayores cambios, a continuación, se mencionan algunas de las técnicas que se han utilizado a través del tiempo para la cocción de este producto:

Burdare. También conocido como aripo en el oriente venezolano es una plancha circular de origen prehispánico tradicional de la gastronomía venezolana. Se compone de hierro fundido o de arcilla, es utilizada para coser o tostar alimentos como arepas, cachapas, casabe de yuca, mañoco o café, entre otros. La forma actual del budare se desarrolló en el siglo XVIII, los budares modernos son de hierro, acero o aluminio y frecuentemente reciben un tratamiento llamado “curado o curación” para que los alimentos no se adhieran

demasiado a su superficie. Una alternativa más moderna todavía es el budare revestido de teflón. Para cocinar el casabe y el mañoco se usan budares muy grandes, de 80 cm o más de diámetro, colocados directamente sobre fuego de leña.

Plancha. pieza plana de poco grosor, generalmente de metal (RAE,2021). Son utilizadas principalmente para preparar arepas asadas, su tamaño y forma dependerán del tipo de arepa que se desee preparar, se suelen fabricar usualmente de aluminio, acero inoxidable o de hierro. Lo más recomendable sería uno de los dos primeros materiales mencionados dados que las de hierro pueden que se oxiden y dañen rápido con el paso del tiempo; en cambio las de acero o aluminio son más resistentes y suelen ser más fáciles de limpiar. Los tipos de planchas más conocidas son las de gas, las planchas eléctricas, las planchas para estufas de inducción y las planchas para fuego directo y/o carbón.

Horno. los hornos para cocción de alimentos pueden ser continuos o discontinuos según el tipo de operación que realicen y funcionan a una temperatura que oscila entre 150 y 200°C; por lo general los hornos continuos son 5% más eficientes que los discontinuos. Su proceso consiste en hacer una transferencia de calor desde el exterior hacia el interior del producto; donde en el interior del producto el agua líquida y el vapor de agua transportan el calor por conducción, permitiendo así que la temperatura de la masa se eleve desde la superficie hasta el centro, por tanto, la conducción actúa entre el producto y las parrillas que lo contienen desde la superficie exterior del producto hacia el interior; mientras que la radiación está presente entre las paredes del horno hacia el producto o de la fuente de calor hacia el medio, haciendo del proceso un modelo que se puede replicar. Por lo tanto, la conducción y la radiación producen un efecto de calentamiento localizado; de otra parte, la convección tiende a crear una distribución uniforme de calor en la cámara de cocción (Pantoja, 2013).

Los hornos para la industria de alimentos pueden ser alimentados mediante una fuente de energía eléctrica, y/o combustible (gas, leña).

Laja. amplia y delgada piedra calentada al fuego de leña (Velilla, 2015). La tradicional arepa boyacense se caracteriza por ser preparada bajo esta técnica que consiste en prender un jugón de leña sobre el cual se encuentra colocada una delgada piedra o más conocida como laja, de manera que, el calor constante sirva para mantener la laja a una temperatura ideal para que la cocción de las arepas sea perfecta, este proceso es utilizado como pre- asado es decir dorar las arepas por sus caras a fin de que la masa y su relleno tomen el punto ideal de cocción y evitar que queden crudas, posteriormente estas pasan a una base ubicada estratégicamente frente al fuego para darles un acabado doradito por sus bordes.

Fuentes de Energía

Una fuente de energía es cualquier material o fenómeno a partir del cual el ser humano puede generar energía, a fin de realizar un determinado trabajo y/o asignarle una utilidad.

Estas fuentes pueden ser clasificadas en diferentes grupos que a su vez se dividen en subgrupos, las cuales mencionaremos a continuación:

Capacidad de Regeneración. Entre estas encontramos las energías renovables; las cuales se caracterizan por ser inagotables y de fácil regeneración además que son una fuente de menor contaminación para el medio ambiente, tales como, (la energía hidráulica, eólica, solar, geotérmica, marítima, de ondas, y la biomasa), por otro lado, están las energías no renovables; esta es por el contrario se consumen a gran velocidad pero tienen una lenta regeneración, además una fuente de mayor contaminación, entre estas

encontramos (los combustibles fósiles como el petróleo el carbón y el gas natural, que producen energía térmica al ser quemados y las sustancias radioactivas).

Modo de Obtención. Estas se dividen en primarias (obtenidas directamente la naturaleza antes de ser transformadas como la energía solar eólica, hidráulica, geotérmica o del mar, así como la contenida en la biomasa, el petróleo, el gas natural o el carbón), y secundarias (obtenidas a partir de la transformación de las primarias, tal es el caso de las gasolinas, de la electricidad, el gasoil, el fuel oil, etc.).

Impacto Ambiental. Encontramos las energías limpias (corresponde a aquellas que no generan residuos contaminantes durante su proceso de extracción o transformación como la energía eólica y la energía solar), asimismo están las energías contaminantes (corresponde a aquellas que durante su proceso de producción distribución y consumo tienen unos altos costes ambientales, dentro de las más nocivas e insostenibles se destaca la emisión de gases productores del efecto invernadero, éstas suelen ser obtenidas de la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y/o el gas).

Tradicón en su Uso. Se dividen en convencionales (se le denomina a todas aquellas energías usadas frecuentemente para producir energía eléctrica, tales como el carbón, el petróleo, el gas natural, la energía nuclear o la energía hidráulica), y no convencionales (son todas aquellas formas de producir energía que no son tan comunes y son de uso limitado, sus altos costes de producción, de difícil captación y transformación en energía eléctrica; entre estas se destacan la solar, la eólica, la biomasa y la mareomotriz).

Automatización

Se define como un sistema autónomo que con la ayuda de herramientas tecnológicas y mediante órdenes de mano permiten gestionar la utilización de recursos necesarios a fin de disminuir la mano de obra en un proceso productivo, así como los desperdicios, el esfuerzo físico y optimizar los tiempos en la producción.

Innovación Tecnológica

La innovación tecnológica es el proceso mediante el cual una empresa crea un nuevo producto, servicio, proceso o modelo de negocio, o bien mejora significativamente las características de uno ya existente, utilizando como vehículo las herramientas tecnológicas. Este es un concepto que puede englobar diversas acciones y es por ello por lo que se puede diferenciar cuatro tipos de innovación tecnológica: la incremental, la disruptiva, la sostenible y la radical (Santander, 2021).

Eficiencia

Este concepto hace referencia a la capacidad de hacer o producir algo, sin desperdiciar materiales, tiempo y/o energía (Drew,2020). Es decir, es el grado en que se cumplen los objetivos de una iniciativa al menor costo posible (Mokate,2021).

Productividad

Según Drew (2020) el concepto de productividad desde una perspectiva de fabricación se entiende como la relación entre el proceso de producción y los insumos en la producción y es considerada como forma de medir la eficiencia del sistema productivo.

Microempresa

Según la ley 590 del 2000, en su **Artículo 2º**. [Modificado por el art. 2, Ley 905 de 2004](#), [Modificado por el art. 75, Ley 1151 de 2007](#), [Modificado por el art. 43, Ley 1450 de](#)

2011. *Definiciones*. Se entiende por micro, pequeña y mediana empresa, toda unidad de explotación económica, realizada por persona natural o jurídica, en actividades empresariales, agropecuarias, industriales, comerciales o de servicios, rural o urbana, que responda a los siguientes parámetros:

1. Mediana Empresa:

a) Planta de personal entre cincuenta y uno (51) y doscientos (200) trabajadores;

b) Activos totales por valor entre cinco mil uno (5.001) y quince mil (15.000)

salarios mínimos mensuales legales vigentes.

2. Pequeña Empresa:

a) Planta de personal entre once (11) y cincuenta (50) trabajadores;

b) Activos totales por valor entre quinientos uno (501) y menos de cinco mil (5.001)

salarios mínimos mensuales legales vigentes.

3. Microempresa:

a) Planta de personal no superior a los diez (10) trabajadores;

b) Activos totales por valor inferior a quinientos uno (501) salarios mínimos

mensuales legales vigentes.

Software Flexsim

Es un software de simulación 3D de eventos discretos, que permite modelar, analizar, visualizar y optimizar, cualquier proceso industrial, desde procesos de manufactura hasta cadenas de suministro.

Marco Teórico

El maíz es considerado uno de los tres cereales más consumidos a nivel mundial junto con el trigo y el arroz. Era el alimento base para la preparación de casi todos los alimentos en el continente americano, además de ser un elemento emblemático de las religiones y mitologías de todas las culturas indígenas en América (Rodríguez, Higueta, & Bonilla; s.f). Según datos del SENA (2012) “por cada 100 g de maíz que se consuma este aporta 8,9 g de proteínas, 3,9 g de grasa, 2 g de fibra dietética y 72,2 g de carbohidratos; también es uno de los cereales más rico en tiamina o vitamina B1 que hace posible que el cerebro absorba glucosa y que los alimentos se transformen en energía, tiene vitamina B7 que mejora el estado de la piel y del cabello, además, aporta vitamina A, que ayuda a prevenir enfermedades como el cáncer, al contener gran variedad de fibras ayuda al proceso de la digestión, combate el estreñimiento y reduce el colesterol”. Como dato importante se puede mencionar que el maíz es uno de los carbohidratos más saludables y lo hacen ser considerado un alimento dietético (Flores, Fierro & Perdomo; 2020).

La historia de la arepa está ligada al maíz propio del continente americano, cuando los europeos llegaron a América adoptaron el maíz casi de inmediato, pero lo trataron como un grano que debía ser molido y transformado después en masa o en un pan lo que dio lugar a la Arepa (Rodríguez, Higueta, & Bonilla; s.f), según fuentes históricas la arepa era un alimento que existía antes de la llegada de Cristóbal Colón a América en 1492, ya que en algunos documentos se muestran algunos instrumentos que se utilizaban para hacer preparaciones derivadas del maíz, tales como, piedras de moler, burdares, plancha circular que se usaban para coser o tostar alimentos como la arepa y el cazabe (Molina, Chaparro & Linares;2019), a mediados del siglo XV los españoles encontraron que el cazabe de yuca y el pan de maíz eran el sustento indispensable de nuestros aborígenes (2012).

La palabra arepa proviene del vocablo indígena erepa o trepa, que la tribu indígena de los caribes cumanagera que habitaba la región noroeste de Venezuela utilizó para nombrar el maíz, el cual es ingrediente base para la preparación de este alimento. También es conocida como aripi, que hace referencia a una especie de plancha levemente curva,

hecha en barro que utilizaban los indígenas para la cocción de la masa de harina de maíz (Silva, 2006).

En sus inicios, la arepa era un pan de maíz amasado y asado, que se elaboraba en forma de círculo y podía ser de diversos tamaños y grosores (Rodríguez, Higueta, & Bonilla; s.f). Según la NTC 5372 este es un producto para consumo humano obtenido a partir de la masa de maíz blanca, amarilla o mezcla de ambas previamente cocida y mezclada con otros ingredientes tales como sal, queso, entre otros y que debe ser almacenada en refrigeración de 4 °C a 10 °C. Para su preparación los indígenas masticaban el maíz para enseguida colocarlo en un recipiente de barro para cocinarlo, teniendo el maíz desgranado este era molido en una piedra utilizando otra encima para obtener un maíz que se pudiera amasar fácilmente; con la invención del pilón (aparato muy parecido a un mortero grande hecho de madera) se facilitó la preparación de una masa de maíz más suave utilizada para fabricar las llamadas arepas de pilao o arepa pelada, luego de obtener una masa homogénea formaban pequeñas bolas que asaban en el “aripo”, en la actualidad se utilizan planchas y parrillas de hierro para asar las arepas de forma artesanal (Silva, 2006).

Actualmente gracias a la industrialización el procesamiento del maíz ha venido adoptando técnicas más eficientes a fin de obtener productos de mayor calidad, tal es el caso de la harina de maíz precocida, la cual solo necesita de agua y sal para preparar masas homogéneas que se pueden coser de diferentes maneras (Molina, Chaparro & Linares;2019).

Esta preparación se constituyó en un alimento esencial, con características y cualidades importantes para las poblaciones del continente americano, aunque, su elaboración, los ingredientes y la manera de cocerlas varían según el país. En América los países con mayor consumo de arepas es Colombia, Venezuela y Panamá, según un estudio de Nielsen “para 2016 el 73% de los colombianos incluye una arepa en su desayuno, convirtiéndola en el tercer aliento más consumido en el país” (Flores, Fierro & Perdomo; 2020) con la probabilidad de ser uno de los alimentos sustitutos del pan.

Actualmente en Colombia se conocen al menos 75 formas de preparar una arepa, estas varían de acuerdo con la región donde se preparen, por lo cual es considerada un

icono nacional (Idárraga & Tobón; 2014). Las características principales de este producto son:

Textura. Semidura, doradas o crocantes por fuera y suaves por dentro.

Color: blanco, amarillo, morado (depende del maíz que se esté utilizando para su preparación).

Olor. Característico de la arepa.

Sabor. Característico del alimento.

Dentro de la gran variedad de arepas que podemos encontrar en Colombia, las que más se destacan son la arepa de huevo (originaria de la costa), la arepa antioqueña (representante de Antioquia), la arepa de choclo (característica del departamento de Santander), la arepa de maíz pelado (representante de la región Andina) y la arepa boyacense (originaria del departamento de Boyacá), para el caso en estudio se estará trabajando exclusivamente con el proceso productivo de la arepa Boyacense; la cual se caracteriza por ser una arepa de masa dulce, rellenas de cuajada y queso, doradas y asadas principalmente en laja, tienen una capa exterior crocante y un interior suave, generalmente son redondas y gruesitas (Galvis, Sierra & Fuquen; 2018).

El consumo de arepas en el país está en aumento, aunque es un mercado tradicionalmente informal. El mercado formal sólo representa 60.000 millones de pesos y 10.500 toneladas de maíz anuales; del mercado informal no se encuentran estadísticas, pero se estima que puede ser superior (Rodríguez, Higueta, & Bonilla; s.f).

La arepa boyacense o también llamada arepa de laja se caracteriza principalmente por ser asada en laja de piedra y directamente a la brasa, proceso que le aporta su sabor

característico, además, que su relleno (cuajada y queso endulzado con azúcar) le aportan un sabor único. Durante los últimos tiempos su proceso de fabricación ha atravesado por varios cambios en pro de mejorar sus procesos, hace algunos años incluso aún se conservan algunos casos, el proceso era realizado de manera artesanal, ya que sus fabricantes cosechaban, secaban y molían el maíz a mano, con la ayuda de molinos manuales para así obtener la harina para preparar la masa, de igual manera, estos hacían la cuajada para el relleno; para su cocción se utilizaban herramientas como las lajas en piedra y ladrillos, cabe resaltar que la principal fuente calorífica era la leña. Actualmente con la incorporación de tecnologías estas herramientas han sido adaptadas para funcionar de manera mecánica con la ayuda de fuentes de energía eléctrica, a fin de agilizar el trabajo, reducir tiempos, reducir esfuerzo de la mano de obra, mejorar los procesos, etc., entre este tipo de herramientas podemos encontrar (el molino eléctrico, las planchas de aluminio a gas, asadores eléctricos y/o a gas, la mojadora, la laminadora, entre otras). También se ha considerado la adopción de fuentes de energía alternas, dada la escases de madera producto de la tala indiscriminada de árboles y la deforestación, sumados sus altos índices de contaminación generados por su combustión, por tal motivo se ha recurrido a fuentes alternativas como el gas (propano y metano), el cual ha permitido reducir los niveles de contaminación en el medio ambiente y las afectaciones a los operarios por inhalación de CO₂, más sin embargo, sigue siendo una factor de riesgo para el ser humano, dadas las emisiones de gases tóxicos generadas en el área de trabajo.

A pesar de las modificaciones que ha tenido este proceso productivo, este sigue dependiendo en gran parte por la mano de obra, es por eso por lo que se hace necesario la implementación de nuevas tendencias tecnológicas que permitan automatizar los procesos

llevando así a aumentar la eficiencia y productividad de los procesos, a fin de aportar valor agregado al producto a través de la innovación tecnológica en el proceso.

Según fuentes documentales como el Manual de Oslo, “la innovación es la introducción de un nuevo o significativa mejora en producto (puede ser un bien o servicio), proceso, método de comercialización u organizacional” he ahí la base de nuestro proyecto que nos remonta a implementar mejoras en el proceso, gracias a la incorporación de nuevas tecnologías que permitan automatizar el proceso, generando así procesos más limpios, eficientes y estructurados.

Con la llegada de la era digital, las industrias se han visto en la obligación de adoptar nuevas tendencias tecnológica, a fin de mejorar sus procesos y mantenerlos a la vanguardia; la automatización de procesos es sin duda el mayor reto de las industrias, especialmente las de mayor volumen, esta se caracteriza por componerse de un conjunto de elementos o procesos informáticos, mecánicos y electromecánicos que operan con mínima o nula intervención humana y están aplicados con el objetivo de optimizar o mejorar el procesos productivo en planta.

La automatización industrial ha pasado por diferentes etapas desde la división del trabajo a fin de mejorar partes del proceso con la implementación de máquinas, así como la incorporación de computadoras y programas a través de los cuales se controlarían los procesos, por otro lado con la llegada del internet se mejorarían las comunicaciones y se espera que en los próximos años la introducción de la inteligencia artificial marque tendencia en la industria, esto se remontaría a obtener procesos totalmente independiente.

En la industria manufacturera se puede clasificar la automatización en las líneas de producción en 3 tipos:

Fija. Este tipo de automatización hace referencia a la utilización de equipo especializado para implementar una secuencia de producción y procesamiento fija. Estas secuencias son compuestas usualmente de operaciones simples, tales como movimiento lineal o rotativas, que también puede ser una combinación de estas en patrones sin complicaciones.

Programable. Este tipo de automatización permite cambios frecuentes en el diseño del producto, tales como mejoras y ajustes, a través de equipos de automatización que ofrecen la capacidad de ser programados o reprogramados según las necesidades. Esta secuencia de producción es controlada por una configuración programable que permite diferentes diseños.

Los beneficios de la automatización programable incluyen:

Flexibilidad para adaptarse a variaciones en el diseño del producto

Adecuado para producción por lotes

Flexible. Este tipo de automatización en líneas de producción es similar a la programable, en el sentido que ofrece la capacidad ampliada de programabilidad. Esto significa que permite modificaciones limitadas, como en la producción o montaje de varias piezas, sin comprometer la puntualidad y los recursos. No hay interrupciones en la fabricación ya que se reprograma el sistema y se modifica la configuración física.

Sus beneficios incluyen:

Procesos continuos de producción y montaje de diseños variables

Flexibilidad en variantes de diseños de productos.

La automatización de una línea de producción le permite a una empresa obtener procesos rápidos, precisos y consistentes; logrando así, la reducción de tiempos y costos de producción.

Ahora bien, el proceso de fabricación de la tradicional arepa boyacense ha traído consigo un fuerte impacto al medio ambiente, ya que para obtener su sabor característico y que la hace tan única, se hace necesario recurrir a la utilización de la madera como principal fuente calorífica, lo que contribuye a la constante tala de árboles, provocando que en los bosques haya mayor tasa de deforestación, además, que con su combustión se está generando altos índices de CO₂, los cuales son expulsados por defecto a la atmosfera, contribuyendo así al deterioro contante de la capa de ozono; por otro lado, la utilización de este tipo de combustible también afecta fuertemente la salud de los operarios, ya que al estar expuestos a las altas temperaturas incontroladas y la presencia de CO₂ en el espacio de trabajo durante largas jornadas, ha hecho que con el tiempo su salud visual, pulmonar, renal, muscular, ósea, entre otras, se vaya deteriorando y dando paso a enfermedades más graves.

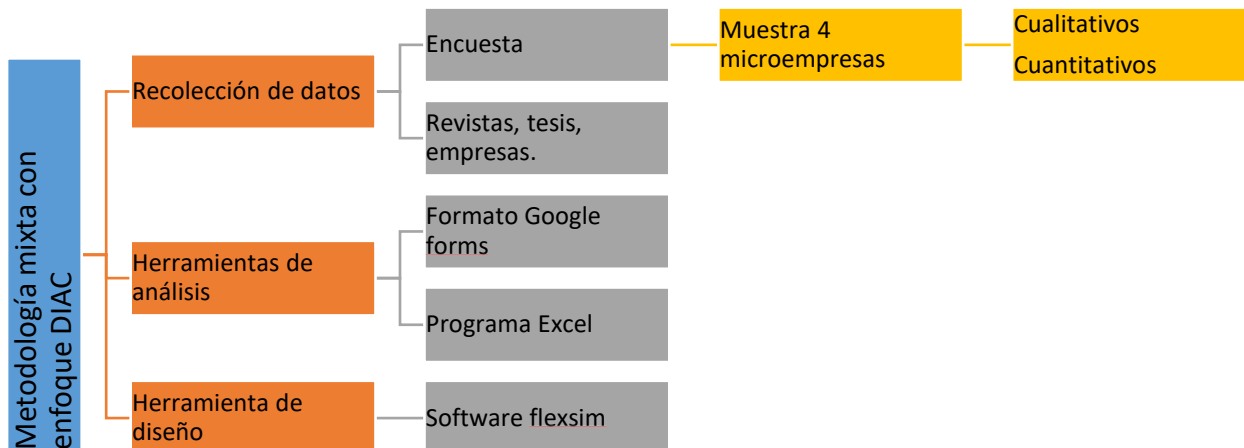
Hoy día gracias a los estudios y avances de la ciencia es posible encontrar gran variedad de fuentes alternativas de energía, las cuales permiten mejorar los procesos, hacer reprocesos, transformar los recursos, tal es el caso de las energías renovables, las cuales nos aportan menor grado de contaminación para el medio ambiente y son de mayor

regeneración, entre estas se encuentran las energías limpias como la energía solar, la energía eólica, la energía hidráulica, la biomasa, etc.

Metodología

Para el desarrollo del presente proyecto se pretende analizar el estado actual del proceso de manufactura de la arepa Boyacense, mediante la implementación de la metodología mixta la cual consiste en “representar un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación que implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (metainferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio”.

Para el caso en estudio se adoptará un enfoque de investigación con diseño anidado o incrustado concurrente de modelo dominante (DIAC) en el cual recabamos simultáneamente datos cuantitativos y cualitativos, en el cual el método cualitativo guía el proyecto, y los datos cuantitativos recolectados servirán de apoyo para el análisis de los datos cualitativos. En el siguiente esquema se puede apreciar de manera resumida las herramientas utilizadas para el desarrollo del proyecto bajo metodología mixta con enfoque DIAC.

Figura 1*Diseño Metodológico*

Nota. Metodología mixta con enfoque DIAC

Como herramienta para la recolección de datos se aplicara una encuesta estandarizada con preguntas cerradas y abiertas (de tipo cualitativo y cuantitativo) diseñada mediante el aplicativo Google forms a partir de la información recabada en el marco teórico del proyecto y apuntando a la recolección de información suficiente que permita analizar el estado actual del proceso productivo de la arepa boyacense, así como identificar la postura de los microempresarios frente a la adopción de sistemas autónomos dentro sus procesos productivos, esta será aplicada a una muestra aleatoria de 4 microempresas dedicadas a la fabricación de arepas boyacenses ubicadas en el municipio de Ramiriquí – Boyacá, la cual fue seleccionada de manera aleatoria ya que son las únicas microempresas registradas en la cámara de comercio de Tunja como productoras de arepas boyacenses del municipio, con el objetivo de identificar y evaluar cualitativamente las diferentes técnicas y herramientas que utilizan en la línea de proceso de su producto, cabe resaltar que se tendrán en cuenta la toma de datos de tipo cuantitativo a fin de enriquecer la justificación planteada como

posible solución al problema, esto con el objetivo de plantear alternativas de mejora a la línea de proceso que se pretende diseñar, por otra parte, el aplicativo Google forms será utilizado como herramienta para recolectar la información y posteriormente tabularla y analizarla mediante tablas y gráficos en el programa Excel, para lo cual se utilizara como mecanismo de análisis una puntuación de 1 por cada respuesta a cada pregunta, así se sumaran el número de respuestas por cada pregunta y se obtendrá un total, el cual servirá para representar las gráficas, ahora bien, en las preguntas de respuesta múltiple, se tendrá un acumulado de respuestas por cada encuestado, de igual manera se sacara la sumatoria de cada encuestado por cada opción de respuesta y se graficara, para mayor claridad revisar el (apéndice B), a fin de comprender a mejor detalle la situación.

Ahora bien, a fin de identificar las nuevas tendencias en herramientas y técnicas industriales, que se acoplen a la automatización de la línea productiva, se hace necesario indagar en fuentes primarias y secundarias, como las revistas científicas, tesis, empresas, que permitan acceder a esta información.

Ya para plasmar la información recolectada para el diseño óptimo de la línea de producción del proceso de fabricación de la arepa; mediante un sistema simulado, se hará uso del software Flexsim, el cual permitirá modelar la línea de producción a una escala óptica, mediante el uso de recursos digitales que muestran una aproximación de la realidad, así como hacer ajustes antes de llevar un proyecto de esta magnitud a un plano real.

Antecedentes Históricos del Proceso de Fabricación de la Arepa Boyacense



La arepa boyacense es un producto representativo de Colombia, el cual ha estado presente en la gastronomía del país desde hace muchos años, especialmente en los hogares boyacenses, es así como este producto ha pasado por diferentes técnicas de preparación desde técnicas ancestrales hasta más modernas, pero que pretenden conservar la esencia del producto. A continuación, se presenta un cuadro comparativo que recaba los antecedentes históricos más relevantes del proceso productivo de la arepa boyacenses, en el cual se hace un comparativo del proceso desde lo tradicional hasta lo más reciente que se ha implementado en la preparación de este producto. Ver (tabla 1).

Se logra destacar las maquinarias y/o herramientas que han venido siendo utilizadas para su preparación a lo largo de la historia de este producto, desde las mas antiguas que hoy día han sido remplazadas o mejoradas a fin de facilitar el trabajo que conlleva preparar este producto, como por ejemplo las piedras para moler, las cuales son remplazadas por un molino manual o eléctrico. Además, estas han sido clasificadas según el tipo de sistema en el cual han sido utilizadas (tradicional, mecanizado y/o automatizado), permitiendo así destacar su eficiencia en el proceso al igual que la calidad de su trabajo.

Cuadro Comparativo sobre Antecedentes Históricos sobre el Proceso de Fabricación de la Arepa Boyacense

Tabla 1

Cuadro Comparativo Antecedentes Históricos

Mecanismo	Proceso	Equipo / Maquinaria	Fuente de Energía	Imagen	Eficiencia e Impacto en la Calidad del Producto
Artesanal / Tradicional	Molido	2 piedras Molino manual	Física	 <p>Fuente: aluminiosalfusa.com</p>  <p>Fuente: el campo 503</p>	<p>Baja eficiencia: teniendo en cuenta que, al ser un proceso manual, tanto el funcionamiento de las herramientas como el rendimiento de la operación dependen exclusivamente del operario, este debe tener una destreza especial para realizar la función correctamente, de lo contrario podría dañar la materia prima y por ende incurrir en sobre costos, de igual manera toma mucho más tiempo.</p> <p>calidad: esta dependerá de la manera como se realice la actividad, es un concepto impredecible dado que varía significativamente según las propiedades de la materia prima y como sea manipulada.</p>

Amasado Pílon
Tina de
plástico o
aluminio



Fuente: artesanías típicas puriscaleñas



Fuente: almacenes Laurita

Armado Manos Física



Fuente: Fanny baquero- YouTube

Baja eficiencia: en este proceso también varía mucho el tiempo, ya que depende de factores como la destreza del operario, la calidad y cantidad de la materia a procesar, el espacio de trabajo, etc. El rendimiento del proceso puede ser lento a comparación con otras técnicas.

Calidad: de este proceso depende mucho la calidad del producto, ya que el punto de la masa es clave para tener una buena arepa y tener una producción óptima.

Baja eficiencia: es uno de los procesos que toma mayor tiempo sin resesos, el operario tiene que alimentar constantemente la siguiente operación, además de que tiene que tener mucha destreza y agilidad en las manos.

Calidad: en esta etapa es muy probable que la calidad del producto falle, ya que las materias entran en contacto directo con el operario y no se puede verificar la calidad.

Pre-
asado

Aripo
Laja o piedra
Planchas
Parrillas de
hierro

Leña
Carbón
de leña



Fuente: viko



Fuente: Pilar Cerisola – Flickr



Fuente: boyaca7dias

Eficiencia baja: la temperatura y el tiempo de cocción del producto es altamente variable, lo cual puede ocasionar desperdicios, no se garantiza el rendimiento en el sistema.

Calidad: las características del producto se resaltan mucho más, especialmente en sabor, pero al ser un proceso controlado directamente por el operario, es difícil controlar el punto exacto del producto.

Asado

Piedras




Leña
Carbón
de leña




Fuente:
<https://www.eltiempo.com/uploads/2021/04/30/608be649668e4.jpg>

Baja eficiencia: al igual que en la etapa anterior en esta etapa la eficiencia depende de la destreza del operario y la temperatura del fuego, ya que al no controlarse este factor, se pueden presentar muchas pérdidas de producto y/o tomarse mucho tiempo para la cocción, lo que genera un cuello de botella en el proceso.

Calidad: también se resaltan mucho las características

Enfriamiento	Manares o canastas	No aplica		organolepticas del producto, pero no se garantiza un producto totalmente estandarizado.
			<p>Fuente: https://pbs.twimg.com/media/DD1AaYaXkAEzI7w?format=jpg&name=small</p>	<p>Eficiencia: a la hora de realizar etapa del proceso, pueden llegar a ser eficiente el uso de los manares como medio de transporte y como recipiente para el enfriamiento del producto, sin embargo, requieren de un amplio espacio, por lo que resulta incomodo su uso en una produccion amplia.</p> <p>Calidad: las propiedades del producto se resaltan mucho mas, permite el uso de hojas de raiz, las cuales le dan un sabor, color, aroma y textura al producto, que lo hacen mas apetecible.</p>
Empacado	Bolsas plásticas Hojas de raíz	Física		<p>Eficiencia baja: es un proceso que toma demasiado tiempo y depende 100% de la habilidad del operario para realizar la actividad, es asi que para grandes producciones no es muy eficiente realizarlo de manera manual.</p>
			<p>Fuente: https://situr.boyaca.gov.co/wp-content/uploads/2021/05/Arepas-Boyacenses-Foto-alcaldia-Ramiriqui%CC%81.jpg</p>	<p>Calidad: al ser una operación manual, es posible ir inspeccionando que el producto cumpla con las características de calidad, por lo que se genera mayor confianza de que el producto este en condiciones idoneas para ser comercializado.</p>
				
			<p>Fuente: https://www.arepaelcarriel.com/wp-content/uploads/2015/05/BOYACENSE10.png</p>	

	Embalado	Caja de cartón Canastillas	Física	 <p>Fuente: Maquina para hacer arepas boyacenses en línea</p>  <p>Fuente: arepas de maíz la santafereña</p>	<p>Eficiencia: esta etapa requiere de mayor esfuerzo por parte del operario, ya que este se encargara de acomodar el producto empacado en cajas, y posteriormente acomodar estas para su despacho, al usar canastillas es mas eficiente su acomodación y el aprovechamiento del espacio.</p> <p>Calidad: esta etapa no interfiere en la calidad del producto, siempre y cuando las condiciones del almacenten sean las adecuadas.</p>
Mecánico	Molido	Molino eléctrico	Eléctrica	 <p>Fuente: https://vitrimetalicasdelvalle.com/wp-content/uploads/sites/38/2017/09/molino-para-maiz-medio-h-p.jpg</p>	<p>Eficiencia media: en terminos de rendimiento, este tipo de equipo mejora considerablemente la operación, ya que minima tiempo y esfuerzo.</p> <p>Calidad: siempre y cuando la maquina este en condiciones idoneas y calibrada según las necesidades de la materia, mejor es la calidad del maíz.</p>

Amasado Mojadora eléctrica Eléctrica



Fuente: Fuller machinery

Eficiencia media: este tipo de equipos mejora el rendimiento del proceso, dependiendo de la cantidad de producto a fabricar dependerá la capacidad de la máquina a elegir.

Calidad: mientras la máquina esté bien calibrada, en excelentes condiciones y sea bien manipulada se obtendrá una masa homogénea y estandarizada, de tal manera que, la calidad del producto será el apropiado.

Armado Laminadora eléctrica
Moldes Eléctrica
Física



Fuente: <https://adlovermaquinas.com/wp-content/uploads/2021/01/electrica-Arepas.jpg>

Eficiencia media: este tipo de maquinaria permite agilizar los procesos, minimizar el tiempo de proceso, estandarizar el producto, reducir el esfuerzo físico del operario, para producciones medianas se hace muy viable su uso.

Calidad: al obtener un producto estandarizado claramente mejora la calidad del producto, ya que en tamaño y forma, todos los productos serían iguales.

Pre-asado Plancha a gas Gas propano



Fuente: <https://apollo-virginia.akamaized.net/v1/files/yyhlma0mcc9p-CO/image/s/u003d850x0>

Eficiencia media: este tipo de sistemas trae grandes beneficios para el proceso, ya que al ser bien manipulados, se asegura un rendimiento significativo para la producción, aumenta la capacidad de producción, disminuye el esfuerzo del operario, se tiene mayor control de la temperatura y por supuesto es más amigable con el medio ambiente, funciona muy bien para producciones medianas, ya que necesita de la asistencia de 1 o 2 operarios.



Calidad: el sabor característico del producto tiene a perderse, pero en cuanto a apariencia si es más apropiado, siempre y cuando el operario tenga la habilidad para operar el equipo.



Asado	Asador eléctrico	Eléctrica Física		<p>Eficiencia media: es un sistema un poco mas independiente del operario, pero, tiene que alimentarlo, el rendimiento en tiempo de produccion es mas notorio, pero es muy importante tener bien calibrada la temperatura de la maquina para evitar perdidas de producto.</p>
Enfriamiento	Manares Mesas de aluminio	No aplica		<p>Eficiencia baja: al igual que el sistema tradicional, es necesario de un espacio amplio y un tiempo considerable para el reposo del producto a una temperatura ambiente.</p> <p>Calidad: esta no tiene porque verse afectada en esta etapa siempre y cuando el espacio y los instrumentos esten en condiciones optimas de higiene.</p>
Empacado	Bolsas plásticas Caja de cartón	Física Manual		<p>Eficiencia baja: de igual manera que en el sistema tradicional, esta etapa depende 100% del operario, por su rendimiento dependera de la habilidad de este y su desempeño laboral.</p> <p>Calidad: la calidad del producto dependera de la eficiencia del trabajo del operario, y de las condiciones del lugar y de los utensilios que se utilicen para realizar esta actividad.</p>

Fuente:
https://i.ytimg.com/vi/WtIN_Q8Akjg/mqdefault.jpg

Fuente:
<https://www.chefandparty.com/wp-content/uploads/2020/06/Arepas-Boyacenses.jpeg>

Fuente: arepas boyacenses San Diego -Bogotá

	Embalado	Caja de cartón Hoja de papel blanco	Física Manual		Eficiencia media: la actividad depende totalmente del operario, pero al utilizar cajas de carton y ser totalmente selladas para su distribucion, se garantiza que el producto no entre en contacto con sustancias que puedan afectar sus propiedades, de igual manera, su embalaje puede ser mas optimo en cuanto a espacio.
				Fuente: https://http2.mlstatic.com/D_NQNP_738539-MCO48795340790_012022-O.webp	Calidad: al estar selladas las cajas se garantiza la calidad del producto hasta su consumidor final, siempre y cuando se conserven y trasladen en condiciones optimas.
Automático	Molido	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	Amasado	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	Armado	*Laminadora	Eléctrica		Eficiencia alta: al ser un equipo que funciona bajo electricidad, siempre y cuando esta no falle y la maquina tenga su debido mantenimiento, siempre va ha ser funcional, al tener adaptados sensores esta solo necesita de supervición y ser alimentada, para desempeñar su función por lo que asegura un alto rendimiento en proceso.
				Fuente: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR2PWqr10O-0KvO7C2eBN_iQgqF9jjaGOk6-4EWPe2oM1G2E4BzUKW12aHGJvxP23t_PMs&usqp=CAU	Calidad: asegura una alta calidad del producto, ya que al no entrar en contacto directo con el operario y demas factores que intervienen en el proceso, es mas probable que conserve su inocuidad, ademas que, asegura la optención de un producto mas estandar.

Pre-asado	Horno de cadena	Eléctrica		Eficiencia alta: este tipo de equipos asegura una mayor autonomía del proceso, ya que al contar con actuadores y sensores, minimizan la participación de un operario, ya que por lo general solo necesitan ser alimentados y supervizados, siempre y cuando esten en optimas condiciones, desempeñaran su función de la mejor manera.
Asado			 Fuente: https://hagamos.co/wp-content/uploads/2018/11/Imagen2.jpg	Calidad: la calidad del producto sera superior, en cuanto a tamaño y forma, pueda que el sabor cambien parcialmente, pero en producciones industrial, vale la pena su implementación.
Enfriamiento	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Empacado	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Embalado	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

Nota. Esta tabla muestra los antecedentes históricos del proceso de fabricación de la arepa boyacense Fuente: autoría propia

Habiendo recabado la información más relevante sobre el proceso de fabricación de la arepa, se infiere que, es un proceso que ha tenido cambios significativos a través del tiempo en pro de mejorar la actividad manufacturera, pero que a su vez a traído consigo cambios significativos en las propiedades del producto. También podemos destacar que la laminadora en el proceso automático solo cumple una función en el armado de la arepa, ya que esta comprende la dosificación de la masa y del relleno y posteriormente su fusión; por tal motivo no sería una herramienta totalmente autónoma, además que necesita ser alimentada, al igual que el horno de cadena

necesita ser alimentado con el producto totalmente armado, es probable que al comprender una sola cocción se pierdan las propiedades del producto, de igual manera no es totalmente autónomo.

Diagnostico del Sector Manufacturero de la Arepa Boyacense

Diagnóstico al Sector Manufacturero de la Arepa Boyacense a Fin de Identificar el Estado Actual de la Línea de Proceso que se está Manejando, Mediante la Aplicación de una Encuesta a 4 Microempresas del Sector Ubicadas en el Municipio de Ramiriquí.

Ramiriquí es un municipio colombiano, capital de la provincia de Márquez, ubicado en el departamento de Boyacá, en el sur- oriente de este. Está constituido en su zona rural por 24 veredas, y en su zona urbana por 8 barrios. Se encuentra en el oriente colombiano, en la región natural conocida como el altiplano cundiboyacense, formación ubicada en la cordillera oriental de los Andes Colombianos.

La economía de Ramiriquí está ligada estrechamente con la dinámica comercial de la ciudad de Tunja, y se caracteriza principalmente por la producción agrícola de frutas, hortalizas y tubérculos, por otro lado, la fabricación de arepas se ha convertido en otra importante actividad económica del municipio la cual tiene ganado un espacio en el mercado local y regional por su presentación y sabor característico.

El municipio actualmente cuenta con 4 microempresas (ver figura 3) oficialmente registradas en la cámara de comercio de Tunja, dedicadas a la fabricación y comercialización de la arepa tradicional boyacense, representado así al gremio arepero, en el cual también participan muchas personas al ser un oficio que aporta a la economía del hogar de muchas familias ramiriquences. A continuación, enunciaremos las 4 microempresas que están incursionando en el mercado nacional, con el fin de posicionar este producto en la canasta familiar de los colombianos. Ver (tabla 2)

Figura 3

Georeferenciación de las Microempresas



Nota. Localización de las microempresas en el municipio de Ramiriquí. Tomado de: Google maps

Tabla 2*Microempresas productoras de arepa en Ramiriquí*

Nombre	Descripción	Imagen
Arepas Isabella	Arepas Isabela es una empresa familiar con más de 15 años de trayectoria en el mercado boyacense, fue fundada por su propietaria Ana Isabel Plazas Jiménez, en el municipio de Ramiriquí, dedicada a la producción y comercialización de productos derivados de maíz, los cuales son distribuidos en el departamento, en especial la arepa de maíz con queso, buscando potencializar el mercado en la ciudad de Bogotá.	 <p data-bbox="1444 824 1787 857">Fuente: arepas Isabela- Ramiriquí</p>
Amasijos Doña Margoth	Empresa dedicada a la elaboración de amasijos a base maíz, de carácter familiar, fundada hace 25 años por su propietaria Margoth Parra y atendida por sus hijas, además de un personal capacitado para ofrecer una buena atención al cliente y cumplir con su objetivo, “ser capaces de satisfacer las necesidades de los clientes y representar de la mejor manera los amasijos de nuestras raíces Boyacenses”.	 <p data-bbox="1444 1125 1787 1222">Fuente: amasijos doña Margoth – Ramiriquí</p>
Arepas el Recreo	Delicias “el recreo” es una empresa familiar con más de 16 años en el mercado boyacense, fue fundada por Ana Sara Soler Bautista, su sede principal está	

ubicada en el municipio de Ramiriquí – Boyacá, esta se dedica a la producción y comercialización de amasijos boyacenses de manera artesanal, donde su producto estrella es la arepa tradicional boyacense.



Fuente: arepas el recreo

Zea Mays- sabores del maíz

Zea Maíz, sabores del maíz; es una fábrica de arepas boyacenses, fundada en el año 2003 por su propietaria Anabel Torres Parra, esta está ubicada en el centro de la población Ramiriquense en el departamento de Boyacá, donde ofrecen a nivel nacional diferentes amasijos derivados del maíz, dentro de los más representativos se encuentra la tradicional arepa boyacense.



Fuente: Zea Mays – Ramiriquí

Nota. En esta tabla se identifican las 4 microempresas en estudio.

Aunque en el municipio hay gran variedad de fabricantes de este producto, al ser una fuente de ingresos de muchas familias, es una práctica que en su gran mayoría se hace de manera informal, es decir, en una cocina tradicional, en un pequeño espacio en sus hogares, ya sea para ofrecer al mercado de manera directa o indirecta pero en pequeñas cantidades, por tal motivo y a fin de darle un enfoque más formal al estudio, se tomó como referencia estas 4 microempresas antes mencionadas (tabla 2) como muestra para el estudio, ya que son las únicas legalmente constituidas actualmente en el municipio y que realizan esta actividad de manera formal.

Es así como para llevar a cabo la identificación del estado actual del proceso productivo de la arepa en el municipio se diseñó una encuesta (ver anexo 1) en base a la información recabada a lo largo del desarrollo del proyecto, y la cual será aplicada a estas 4 microempresas a fin de establecer un panorama general del estado actual del proceso productivo de la arepa boyacense.

Análisis de la Encuesta

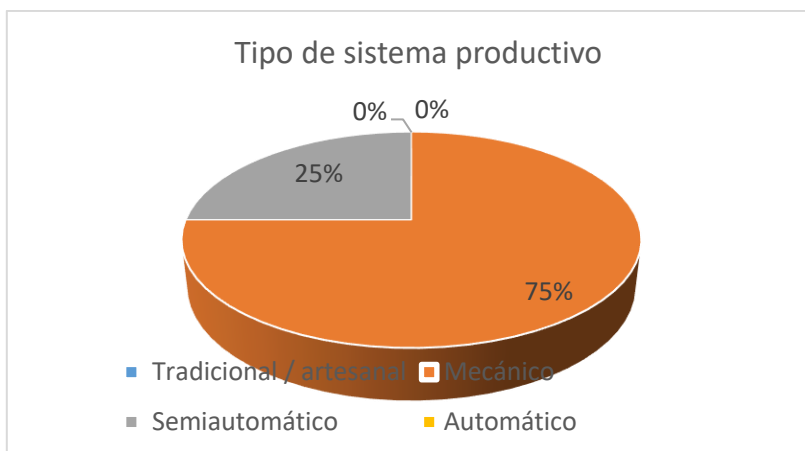
Con la aplicación de la siguiente encuesta (ver Apéndice A) se pretende establecer el estado actual del proceso productivo de la arepa, centrado especialmente en identificar el tipo de sistema productivo que se está implementado actualmente, al igual que las herramientas, maquinaria, equipos, fuentes de energía, etc, entre otras características que permitan establecer mejoras al sistema a fin de llevarlo a un panorama totalmente automatizado.

A continuación, se analizan los resultados de la encuesta aplicada a las 4 microempresas antes mencionadas, a fin de identificar el estado actual del proceso productivo de la arepa boyacense en el municipio de Ramiriquí.

- 1. ¿Qué tipo de sistema productivo está implementando actualmente para llevar a cabo la producción de la arepa? seleccione una opción.***

Figura 4

Tipo de Sistema Productivo

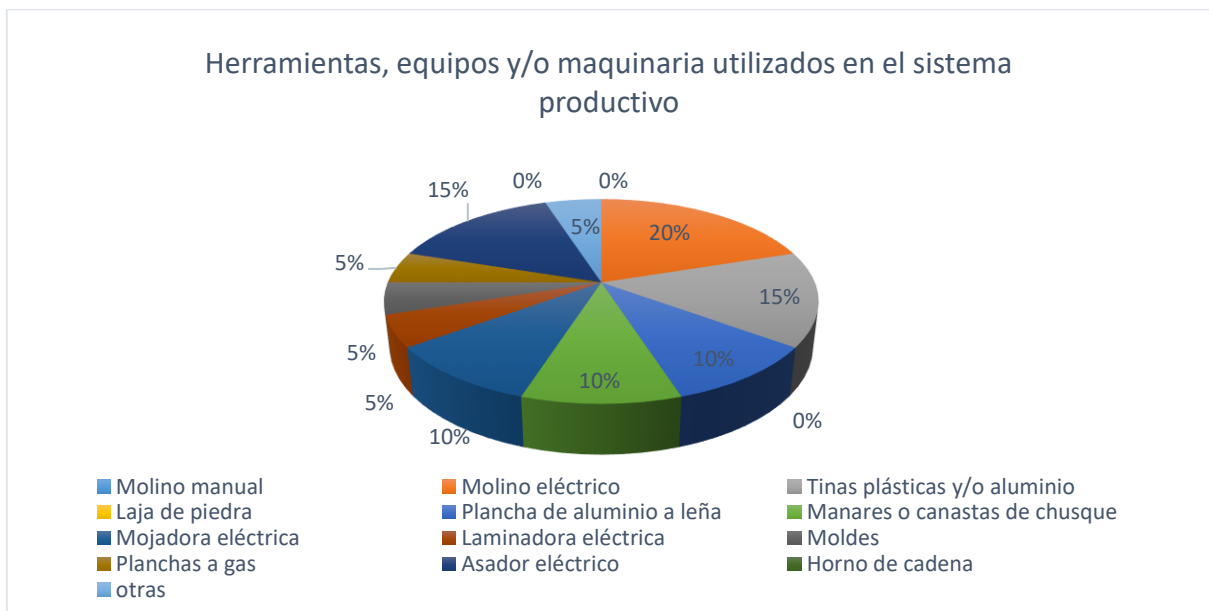


En el primer ítem se pretende indagar el tipo de sistema productivo que más se está utilizando en la industria de la arepa en el municipio de Ramiriquí, como se expone en la (figura 4), el 75% de la muestra encuestada está manejando un proceso productivo de manera mecánica, es decir, que una parte del proceso depende en gran proporción de la asistencia de operarios para que este funcione de manera continua, por otro lado en un porcentaje muy inferior, el 25% está implementando un sistema con características semiautomáticas donde las maquinas tienen mayor protagonismo, haciendo que los procesos se vuelvan más amigables con el producto y el personal operador.

2. Seleccione las respuestas que considere necesarias ¿Cuál de las siguientes herramientas, equipos y/o maquinaria utiliza durante la producción de la arepa?

Figura 5

Herramientas Equipos y/o Maquinaria Utilizados en el Sistema Productivo



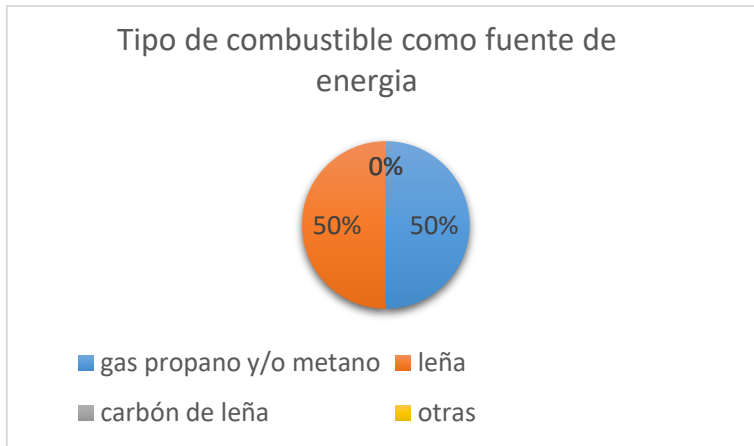
Con el fin de identificar las herramientas, maquinaria y/o equipos que más se están utilizando en el proceso productivo de la arepa, se les presento a la muestra las más representativas del oficio, desde las más tradiciones hasta las más sofisticadas, esto en base a las investigaciones realizadas para la formulación del proyecto, de las que se les pidió seleccionar las que utilizan durante su producción, como resultado se obtuvo que el molino eléctrico es el equipo más utilizado por la industria de la arepa con un representación del 20%, seguido del asador eléctrico así como enceres como las tinas plásticas y de aluminio con una participación del 15%, con una menor utilización encontramos a las planchas de aluminio a leña, a los manares y canastas de chusque así como a la mojadora eléctrica, representada con un 10%, y otras con una participación mínima del 5% (ver figura 5).

Como se puede ver las herramientas más utilizadas necesitan de la asistencia de operarios para ser utilizadas, a pesar de que funcionan bajo una fuente de energía, lo que hace que se reduzcan los tiempos en producción, pero no garantizan que la producción fluya de manera continua y sin retrasos, ya que todo depende del rendimiento del operario para alimentar las máquinas y de su correcto funcionamiento.

3. *¿Qué tipo de combustible utiliza como fuente de energía para llevar a cabo la cocción del producto (arepa)?*

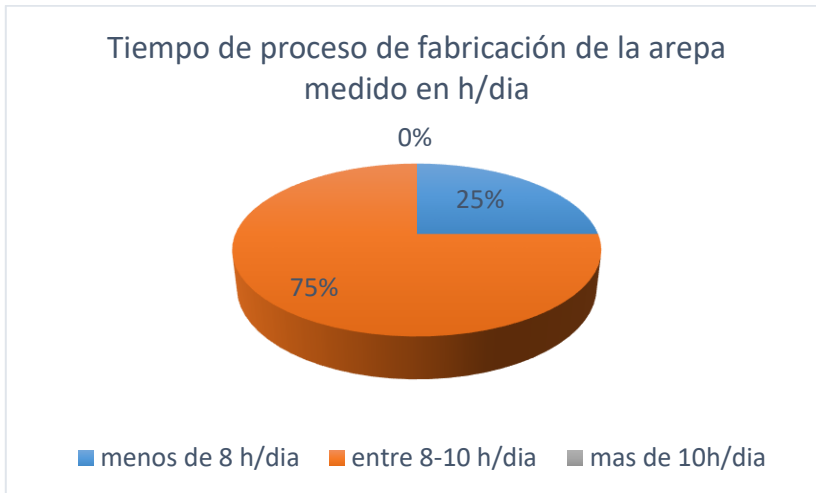
Figura 6

Tipo de Combustible como Fuente de Energía



Otro de los factores importantes en un sistema productivo, es la fuente de energía calorífica que se utiliza para llevar a cabo la cocción del producto, y más en la fabricación de la arepa, que es caracterizada por su doble cocción, por tal motivo, se les pidió señalar el tipo de combustible que utilizan durante su proceso en la etapa de cocción del producto y esto fue lo que contestaron el 50% de la muestra utiliza el gas propano y/o metano como fuente de energía, mientras el otro 50% maneja la leña, podemos destacar que en cuanto al gas es una energía más controlada y amigable con el medio ambiente, pero igual de perjudicial que la leña para el operario, ya que este emite gases tóxicos al igual que el CO_2 producto del humo de la leña, que más adelante pueden ser perjudiciales para la salud del operador.

- 4. *¿Cuánto tiempo emplea diariamente durante todo el proceso de fabricación de la arepa? (desde que inicia hasta que el producto es empacado para su despacho)***

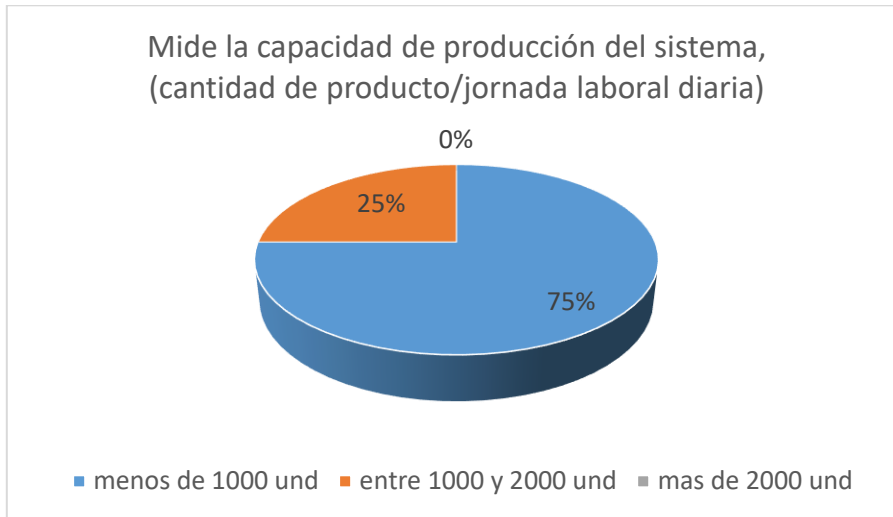
Figura 7*Tiempo de Proceso de Fabricación de la Arepa*

Otro de los factores importantes a tener en cuenta y que influyen significativamente en desarrollo de la actividad productiva del sistema es el tiempo, para tal fin se le pregunto a la muestra el tiempo que requieren diariamente para la fabricación de las arepas desde que inicia hasta su empaque, específicamente se mide el tiempo que pasa el producto por la línea de manufactura durante la jornada laboral, este medido en horas/día, a lo cual respondieron 3 de las microempresas equivalente al 75% de la muestra, que su jornada laboral comprende un duración de entre 8-10hr/día, y la otra aproximadamente menos de 8hr/día, (ver figura 7); con lo que se puede inferir que el factor tiempo suele no ser exacto ya que suele variar por diferentes factores que analizaremos más adelante, pero es un factores determinante a la hora de cumplir una demanda de producto, para lo que se hace necesario estandarizar los procesos y adoptar medidas de control, que minimicen su variación.

5. *¿Qué cantidad de producto (arepas) se fabrican diariamente durante la jornada laboral? seleccione el valor que más se le aproxime*

Figura 8

Capacidad de Producción del Sistema

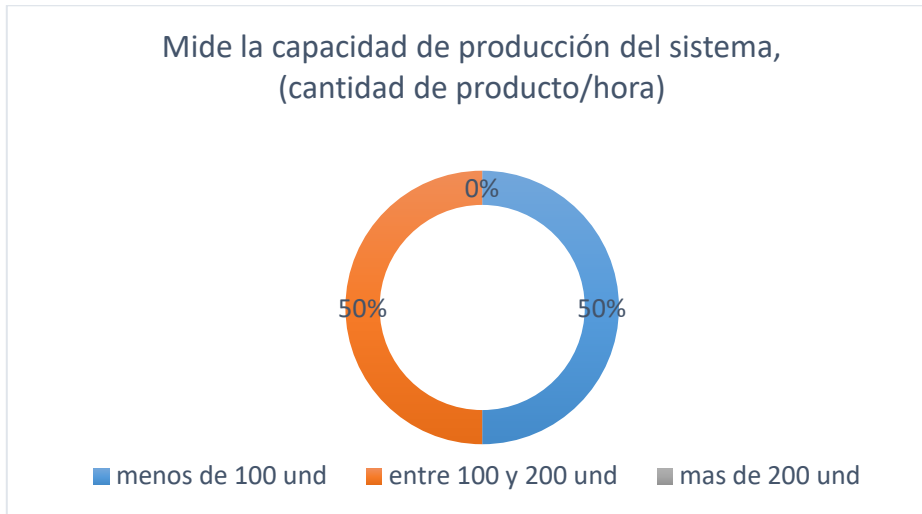


Continuando con el análisis del factor tiempo, se pretende establecer la capacidad de producción del sistema a lo cual se les indago sobre la cantidad de arepas que producen diariamente durante la jornada laboral antes mencionada, obteniendo como resultado (ver figura 8) que el 75% de la muestra manifiesta estar produciendo menos de 1000 und/día, y un 25% obtiene una producción entre 1000 y 2000 unid/día, valores que se ajustan a lo anteriormente indagado, es decir que la cantidad de producto fabricado es relativo a las horas laborales, a mayor tiempo de producción, mayor cantidad de producto, por tal motivo se hace necesario automatizar la línea de proceso con el objetivo de mejorar la capacidad de producción, esto es fabricar la mayor cantidad de producto en el menor tiempo posible y al menor esfuerzo humano.

6. *¿Cuál considera que es la cantidad de arepas que puede producir por hora (capacidad de producción del sistema)? Elija el valor que más se le aproxime*

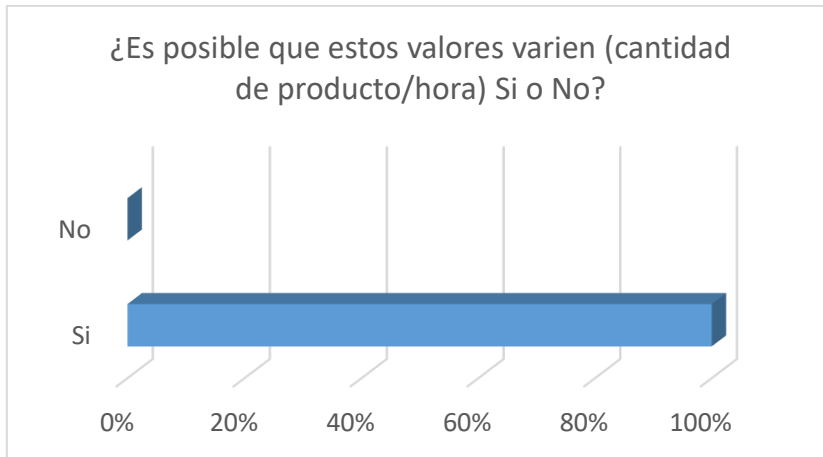
Figura 9

Capacidad de Producción del Sistema



Tratando de ampliar el análisis del tiempo, se les pregunto la cantidad estimada de producto que producen durante una hora, esto con el fin de corroborar si la información recolectada anteriormente coincide y es proporcional o si por el contrario hay desbalances, pero efectivamente como lo presenta la (figura 9) la mitad de la muestra estima una producción de menos de 100 und/hr y el otro 50% estima una producción de 100 -200 und/hr, lo cual verifica la información antes sustentada ya que por ejemplo si multiplicamos 100×8 esto sería igual a 800 und/día, lo que reafirma que en una jornada de 8hr se producen aproximadamente 800 unidades, esto como mínimo.

7. *En base a su respuesta anterior (pregunta 6) ¿Es posible que estos valores varíen?*

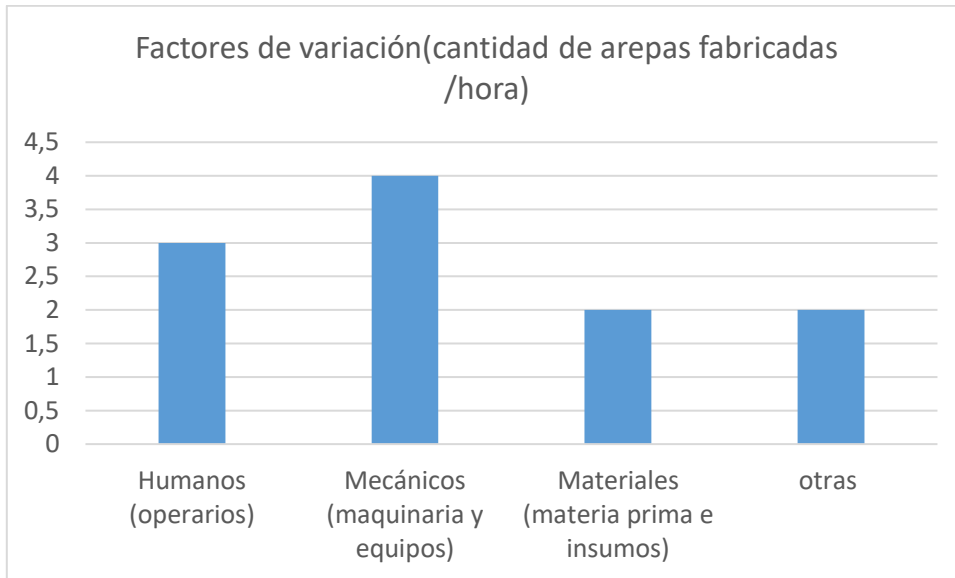
Figura 10*Variación en la Producción*

Se les pregunto a los encuestados si era posible que durante su producción, la cantidad de producto fabricado por hora variara, a lo cual el total de la muestra, es decir, las 4 mini- pymes respondieron que sí, situación que nos muestra que independientemente del sistema productivo, las herramientas, maquinaria, equipos, personal, tiempo, etc, si hay factores que alteran la producción haciendo que los procesos se retrasen o no se pueda llegar a la meta de producción, así como también la planificación de la jornada laboral se torna impredecible.

- 8. Si su respuesta es (SI) ¿Qué factores considera que pueden producir esta variación? por ejemplo (tiempos muertos, fallas en los equipos o herramientas, demoras de los operarios, fatiga, deficiencias en la materia prima, etc) seleccione la cantidad de respuestas que considere necesarias.**

Figura 11

Factores de Variación



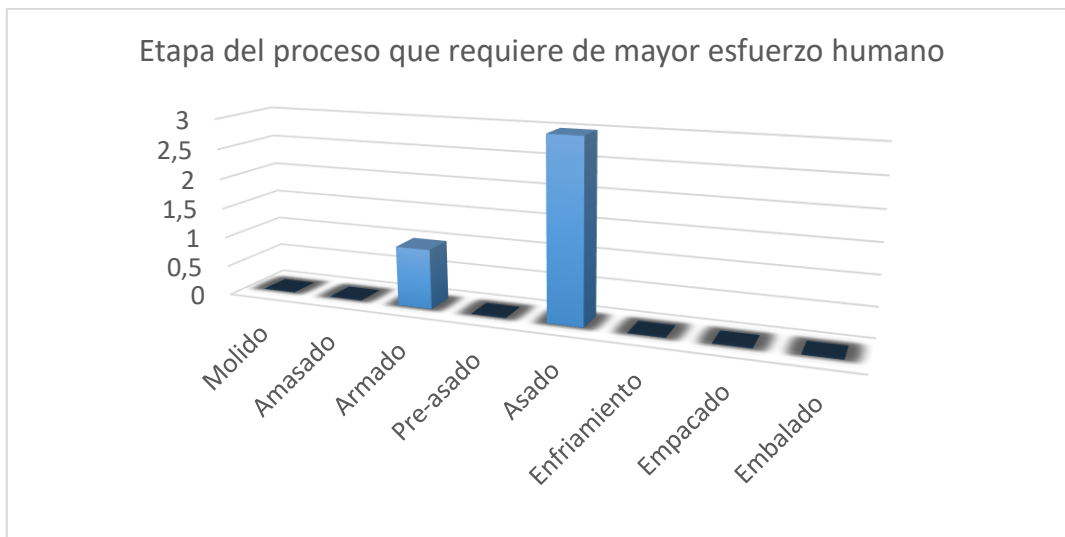
Ahora bien con el fin de profundizar en el análisis, se establecieron 4 grupos, en los cuales se encierran varios de los factores que pueden hacer que varíen las cantidades de producto a fabricar, esto con el fin de dar la opción a la muestra de seleccionar aquellos factores que consideran como variantes durante su proceso productivo, como se visualiza en la (figura 10), los factores mecánicos (como la maquinaria y equipos) son los más influyentes en la variación de los procesos, precedido del factor humano (que incluye a los operarios) y con una menor participación encontramos a los materiales (como las materias primas e insumos). De lo que se puede concluir que la maquinaria y equipos al ser dependientes de los operarios, su rendimiento en el sistema se ve reflejado relativamente, ejemplo, si una maquina no ha pasado por mantenimiento es posible que falle durante la producción por ende el operario se ve afectado porque no puede continuar su operación o no con el mismo rendimiento, o bien, si el operario no tiene la destreza para manipular

alguna maquina es posible que esta no opere a su máxima capacidad, es así que el sistema va presentando desbalances y en efecto variaciones.

9. ¿Cuál etapa del proceso productivo de la arepa, considera que requiere de mayor esfuerzo humano?

Figura 12

Etapa del Proceso que Requiere Mayor Esfuerzo Humano



Ahora bien, entre otro de los factores que influyen significativamente en todo sistema productivo es el factor humano, ya que sin su supervisión el control de los procesos puede presentar fallas que afecten al producto y por ende el cumplimiento de la demanda.

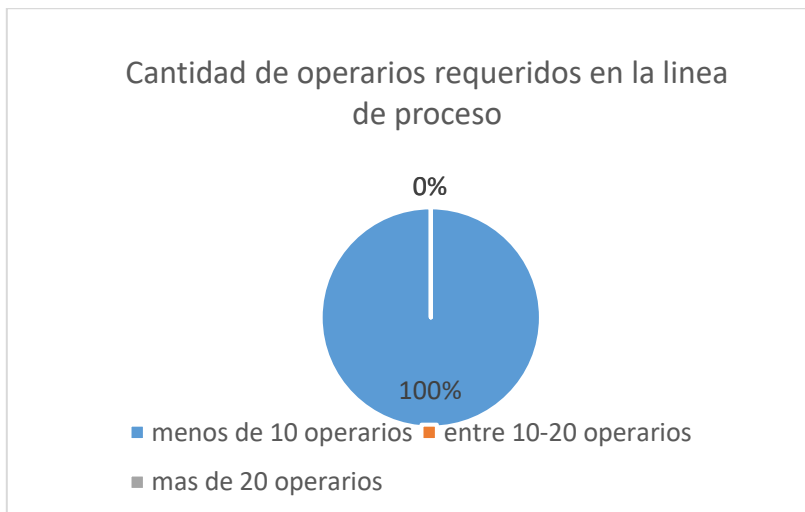
En la (figura 12) están representadas las etapas más representativas del proceso de producción de la arepa, a fin de que el encuestado elija la etapa que considera requiere de mayor esfuerzo humano durante el proceso, se logra apreciar el 75% de la muestra correspondiente a 3 mini-pymes, señalan a la etapa de asado como aquella que requiere de mayor esfuerzo durante su proceso, por otro lado la etapa de armado es señalada por el 25%

de la muestra, aquí es posible afirmar que la etapa de asado puede ser considerada de las que más requiere esfuerzo humano, porque depende 100% del operario en sistemas tradicionales y mecánicos, ya que intervienen factores como la fatiga, al estar expuesto a largas jornadas de pie, a altas temperaturas, posibles inhalaciones de humo y/o gases tóxicos, entre otros factores difíciles de controlar y que afectan directamente al operario.

10. ¿Cuál es el número de operarios (trabajadores) con los que cuenta diariamente en la línea de proceso? (considere únicamente los que le colaboran para fabricar las arepas) seleccione la opción que más se le aproxime.

Figura 13

Cantidad de Operarios



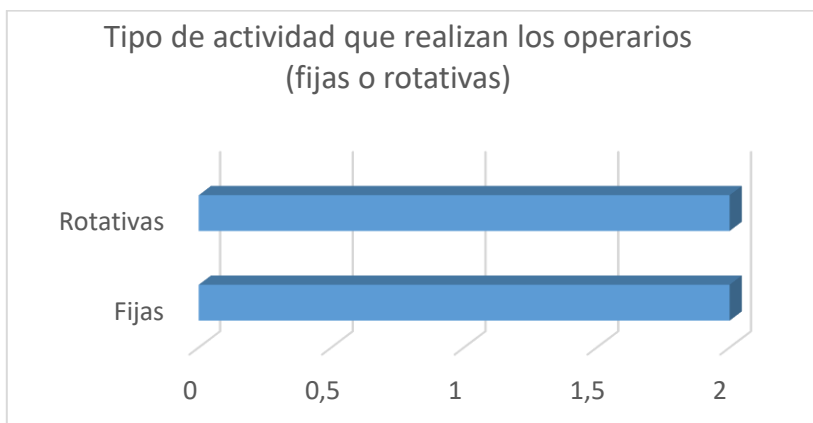
Continuando con el análisis del factor humano dentro del proceso productivo, se hace necesario indagar el número de operarios con los que cuentan en la línea de proceso para llevar a cabo la fabricación de las arepas, es así como en la (figura 13) se contempla que el 100% de la muestra manifiesta contar con menos de 10 operarios en toda su línea de proceso, de manera que, es posible afirmar que no todas las etapas del proceso requieren de

un operario o no de tiempo completo, ahora bien, si se logra automatizar cada una de las etapas del proceso es posible reducir aún más la mano de obra y los gastos que conlleva, de igual manera, se estandarizan los productos, se reducen los tiempos muertos, se agiliza la producción y por tanto se hace más eficiente el sistema.

11. las actividades que realiza cada uno de sus trabajadores durante la fabricación de las arepas ¿Son? seleccione fijas (si cada uno realiza una misma actividad siempre) o rotativas (si constantemente los trabajadores cambian de actividad)

Figura 14

Tipo de Actividad que Realizan los Operarios



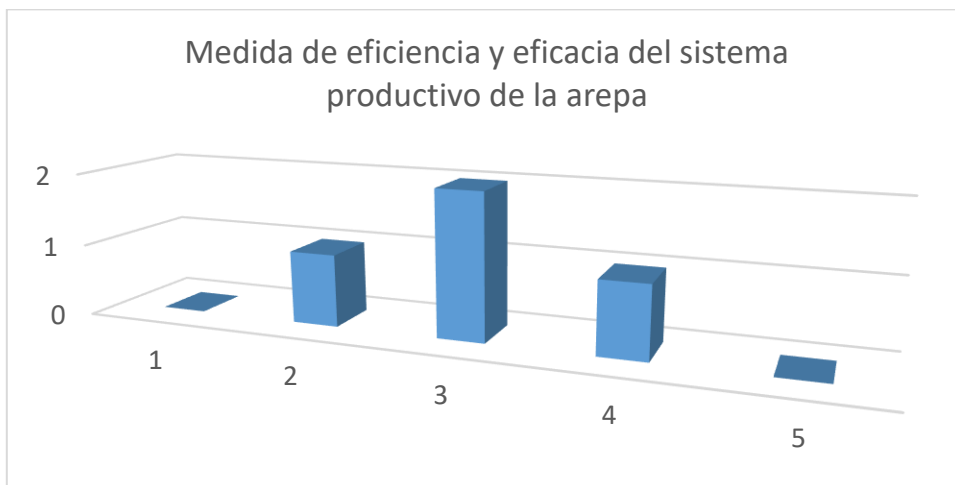
A fin de determinar el tipo de actividad que realizan los operarios en la línea de proceso, se establecieron 2 opciones, entre actividades fijas o rotativas, a lo cual el 50% de la muestra declara que sus empleados realizan actividades fijas así como el otro 50% restante manifiesta que sus operarios realizan actividades de carácter rotativo, por lo que es posible deducir que en 2 de las microempresas es posible que se realicen más etapas de proceso en relación de las otras 2, o también es posible que en algunas se maneje más personal a fin de ocuparlos en una sola actividad, o pueda que algunas actividades se

realicen en una pequeña fracción de tiempo y no requieran de un operario tiempo completo por lo que son ocupados en varias actividades, es así que pueden ser muchas las hipótesis, pero hay que destacar que las actividades fijas pueden ser más beneficiosas para el sistema, ya que el operario se especializa en una sola actividad y la probabilidad de cometer errores es más reducida y posteriormente se asegura la calidad del producto así como la agilidad del proceso.

12. ¿Considera que su sistema productivo es eficiente y eficaz, considerando factores como la capacidad de producción, la calidad del producto y la relación con el personal? califique de 1 a 5, siendo 1 muy deficiente e ineficaz y 5 muy eficiente y eficaz.

Figura 15

Medida de Eficiencia y Eficacia



Teniendo en cuenta el objetivo principal del proyecto, se le pidió a la muestra medir el nivel de eficiencia y eficacia que consideran tiene el sistema productivo que actualmente están utilizando, esto en base a una medida estándar de 1 a 5, siendo 1 muy deficiente e

ineficaz y 5 muy eficiente y eficaz, teniendo en cuenta factores como la capacidad de producción, la calidad del producto y la relación con el personal; a lo que se obtuvo como respuesta una proporción que comprende un nivel de 2 a 4, donde el nivel 3 tiene mayor calificación (ver figura 15), a lo que podemos afirmar que el sistema no es considerado muy eficiente y eficaz pero tampoco muy deficiente e ineficaz, es relativamente aceptable con opción de mejorar.

13. ¿Cuál es su opinión frente al uso de nuevas tecnologías en la industria alimentaria, en relación con la optimización de los procesos y mejora en la calidad de los productos?

En relación con esta pregunta estas fueron las respuestas obtenidas por cada una de las empresas encuestadas:

Arepas Isabela. “En mi opinión considero que es un paso muy importante al cual toda empresa debe apuntar, ya que, con el uso de la tecnología dentro del proceso productivo de cada empresa, los productos se hacen más competitivos frente al mercado”.

Amasijos doña Margoth. “me parece que son muy necesarias, ya que nos facilitan el trabajo y sobre todo nos ayudan a mejorar la calidad de los productos”.

Arepas el recreo. “considero que su implementación dentro de los procesos es muy importante, si lo que se busca es un crecimiento de la producción, pero también pienso que es un proceso costoso y lento, pero que puede contribuir satisfactoriamente a la empresa”.

Zea mays - sabores del maíz. “pienso que el uso de las tecnologías dentro de la producción de un producto es muy positivo para la industria, ya que estas no solo permiten mejorar los procesos, sino que aportan desarrollo para el sector de la manufactura”.

Es posible concluir que estas microempresas apoyan el uso de las tecnologías, considerándolas importantes para el desarrollo del sector, aun sabiendo que implican de una elevada inversión pero que con el tiempo puede dar buenos frutos, tales como, productos más competitivos, procesos más ágiles y eficientes, etc.

14. *¿Considera que la incorporación de sistemas tecnológicos en las líneas de proceso, contribuyen a impulsar el desarrollo de la industria manufacturera? Si o No y ¿por qué?*

En relación con esta pregunta estas fueron las respuestas obtenidas por cada una de las empresas encuestadas:

Arepas Isabela. “sí, porque permiten incrementar la producción y de igual manera la oferta mejora considerablemente, permitiendo así que las empresas expandan su mercado”.

Amasijos doña Margoth. “pienso que sí, porque estos permiten mejorar la calidad del trabajo y de igual manera la calidad del producto”.

Arepas el recreo. “sí, porque gracias a los sistemas tecnológicos las empresas pueden dar un valor agregado a sus productos y generar así variedad y garantizar de igual manera la calidad de sus productos”.

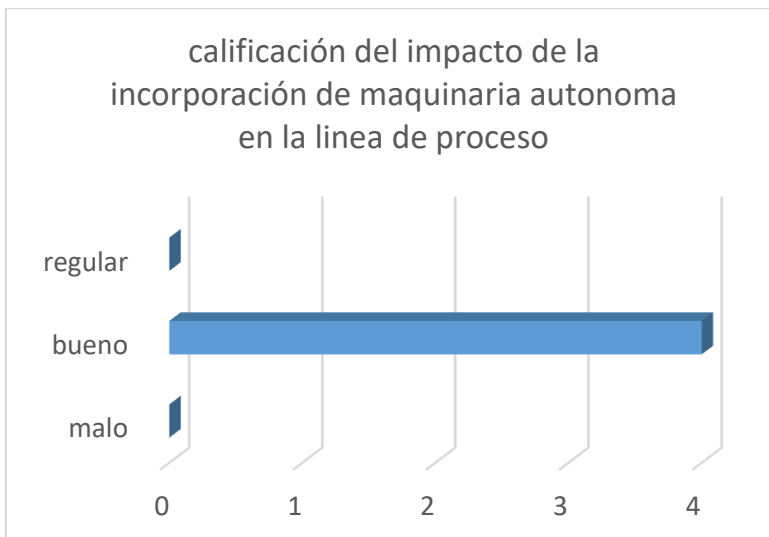
Zea mays - sabores del maíz. “claro que sí, con la incorporación de sistemas tecnológicos dentro de los procesos productivos, se garantiza la eficiencia de los procesos y por ende la satisfacción del cliente, lo que genera el posicionamiento de un producto en un mercado altamente demandado”.

Es evidente que todas las respuestas apuntan a una respuesta afirmativa frente a como contribuyen estos sistemas al desarrollo de la industria, desde el mejoramiento de los procesos como de los productos, repercutiendo así de manera positiva en el mercado que ofrece como el que demanda.

15. ¿Como califica el impacto que acarrea la incorporación de maquinaria más autónoma dentro de la industria manufacturera, más exactamente dentro de la línea de proceso?

Figura 16

Calificación de Impacto de la Incorporación de Maquinaria Autónoma en la Línea de Proceso

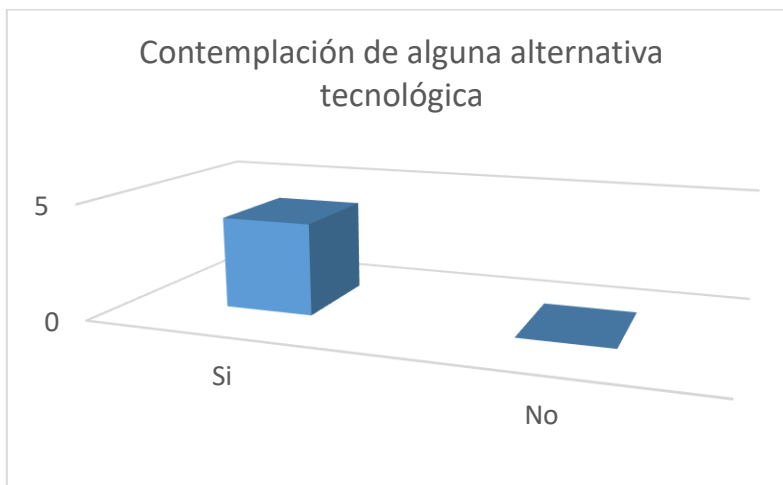


Según la (figura 16) se deduce que el impacto de la implementación de maquinaria autónoma dentro de la línea de proceso es considerado como bueno por parte de los encuestados, lo cual da la percepción de que esta puede ser aceptada dentro del proceso productivo de la arepa de manera favorable.

16. ¿Le gustaría contemplar la implementación de alguna alternativa tecnológica (equipo, maquinaria, sistema, etc) dentro de la línea de proceso, que le permitiese generar mejoras en el proceso de fabricación de la arepa haciéndolo más optimo y eficiente?

Figura 17

Contemplación de Alguna Alternativa Tecnológica



En base a toda la información recolectada y las necesidades de la industria manufacturera especialmente aquellas empresas que se dedican a la fabricación de la tradicional arepa boyacense y en relación con el objetivo del proyecto; se les pregunto a la muestra en estudio, si les gustaría contemplar la implementación de alguna alternativa tecnológica dentro de su línea de proceso, esto en busca de una mayor optimización y eficacia en el sistema, a lo que el 100% de la muestra dio una respuesta positiva (ver figura 17), es así como se corrobora que la industria necesita de proyectos como este que les permitan tener un acercamiento al mundo tecnológico como es la automatización de los sistemas de manufactura.

Habiendo analizado factores como los tipos de sistemas productivos, maquinaria, equipos, herramientas, fuentes de energía, la capacidad de producción del sistema, factores de variación (humanos, mecánicos, materiales), tiempo de proceso, factor humano, los tipos de actividad (fijas o rotativas), el nivel de eficiencia y eficacia del sistema, estos enfocados específicamente a la línea de proceso de la arepa boyacense al igual que evaluada la percepción de la muestra frente a los sistemas tecnológicos y su interacción con la industria; se alcanza concluir que son bastantes las variables a tener en cuenta en el diseño de una línea de proceso, y que independientemente de su función cumplen un papel importante a la hora de destacarse dentro del sistema. Es así como la automatización llega a la industria como una herramienta que fusiona estos factores para que trabajen de manera coordinada y en busca del mismo objetivo optimizar los procesos, es decir producir la mayor cantidad de producto en el menor tiempo posible, con los mejores estándares de calidad y al menor costo posible

Sistemas y/o Maquinaria Autónoma en la Industria Manufacturera

Identificar Sistemas y Maquinaria que Permitan Automatizar los Procesos de Manufactura en la Industria Alimentaria, a Fin de Identificar las que Mejor se Ajusten a la Producción de Arepas.

Teniendo identificado el panorama actual del proceso productivo, el cual presenta que actualmente está siendo desarrollado mediante técnicas tradicionales y mecanizadas y en base al objetivo planteado “automatizar la línea de producción de la arepa”, se indago en fuentes de información secundarias sobre los diferentes sistemas, practicas ,maquinarias, equipos, autónomos o que permitan hacer los procesos de manufactura más independientes a fin de identificar cual de estos se ajusta mejor o permite mejorar la línea de producción de la arepa. A continuación, se presenta una tabla resumen con la información recabada ver (tabla 3).

Tabla 3

Líneas de Producción Automatizadas

		Líneas de Producción Automatizadas	
S i s t e m a	<i>Definición</i>	Es la manera en que se realizan y organizan las distintas operaciones para producir una pieza (Romero, P. 2018(pg 9)).	
	<i>Criterios de elección</i>	Cantidad de productos a fabricar	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Producción baja (1-1000 unid/año) ➤ Producción media (1000-10000 unid/año) ➤ Producción alta (+10000 unid/año)
		Variabilidad de dicho producto entre sí.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Variabilidad blanda: cuando 2 productos distintos tienen muchos componentes u operaciones comunes entre sí. ➤ Variabilidad dura: cuando 2 productos distintos tienen pocos

s d e		Organización de los recursos en fabrica	<p>componentes u operaciones similares.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Distribución orientada a procesos: las maquinas o estaciones de trabajo que realizan labores parecidas se agrupan por zonas, y el producto va pasando por dichas zonas hasta completarse su fabricación. ➤ Distribución orientada a producto (línea): las distintas maquinas o estaciones de trabajo se organizan en línea, con el objetivo de fabricar grandes cantidades de producto o familias de productos iguales o muy similares entre sí.
F a b r i c a c i ó n	Tipos	Job shop (taller)	<p>Son utilizados donde los volúmenes de producción son bajos con una variabilidad dura.</p> <p>En función del tamaño del producto a fabricar pueden tener:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Distribución fija: fabricación de grandes productos industriales, se utiliza para la fabricación de productos especializados y a medida de alta complejidad. ➤ Distribución orientada a proceso: organización típica en talleres pequeños o medianos, las maquinas están agrupadas por zonas donde las unidades van pasando por distintas zonas en cada una de las cuales se realiza un tipo de proceso. <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Permite fabricar gran variedad de productos distintos, debido a la infinita variedad de secuencias que se pueden dar. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ no están diseñadas para producciones altas, requiere de gran cantidad de medios de almacenaje y transporte. ➤ Hay gran cantidad de producto semielaborado entre zonas, lo que suponen un alto coste para la empresa.
			<p>Se utiliza en fábricas con volumen de producción intermedia con variabilidad dura (gran variedad de productos).</p> <p>Puede estar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Orientada a proceso.

Fabricación por lotes	<p>➤ Con más frecuencia orientada a producto (línea).</p> <p>Trabaja bajo configuración changeover time. Se puede utilizar cuando el tiempo necesario para fabricar un lote es menor que la tasa de demanda de los clientes, así, los lotes de demanda se van almacenando (también denominada fabricación contra stock o fabricación para inventario).</p> <hr/> <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Utiliza una única línea de producción (reconfigurable) en vez de varias líneas separadas para cada modelo o tipo de producto a fabricar. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Tiempos muertos productivos que suponen los cambios o reconfiguraciones de la línea. ➤ La gran cantidad de producto acabado en stock, lo que genera un alto costo para la empresa.
Línea de fabricación en masa	<p>Se utiliza cuando el producto a fabricar no tiene variaciones y los volúmenes de producción son muy altos. El trabajo para realizar un producto se divide en tareas o pasos elementales, cada uno de los cuales los realiza de manera repetitiva y especializada (maquina o persona) en un ciclo de tiempo normalmente muy breve. Al final de la línea el producto está totalmente terminado.</p> <hr/> <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bajos costos unitarios de producción ➤ Reducción de inventario en proceso ➤ Los operarios no requieren de gran capacidad y su curva de aprendizaje es corta. ➤ Optimización del movimiento de materiales y productos dentro de la planta. <p>Desventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Las líneas automatizadas requieren una gran inversión inicial, solo justificada cuando se prevé que la demanda se va a mantener en el

tiempo.

- Cuando se detiene alguna maquina hay que parar la línea al completo, además de los costes que ese hecho supone.
- Falta de flexibilidad de la línea cuando hay que hacer variaciones al producto.

Criterios de clasificación:

- **Según su dedicación:** (piezas o conjuntos), pueden ser; 1). Líneas de fabricación transfer, 2). Líneas de montaje.
- **Según su grado de automatización:** 1). Líneas manuales, 2). líneas automatizadas, 3). Líneas mixtas.
- **Según el grado de sincronización de las estaciones:** 1). Líneas sincrónicas, 2). Líneas asincrónicas.

Fabricación continua	Se utiliza en la elaboración de grandes cantidades de un solo producto mediante flujo continuo. Una serie de operaciones secuenciales transforman la materia prima en el producto final.
----------------------	--

Fabricación flexible	Ocupan el espacio intermedio entre las líneas de fabricación por lotes y las líneas transfer. Un FMS está formado por una serie de máquinas – herramientas dotadas de control numérico, interconectadas mediante un sistema automático de transporte y manipulación, que cuenta además de un sistema de almacenamiento automático de material. Todo el conjunto está controlado por un ordenador central.
----------------------	--

Ventajas:

- no existen los lotes; si hay que fabricar una unidad del tipo A, el sistema lo fabrica, si a continuación, hay que fabricar un producto tipo B, el sistema es capaz de reconfigurarse automáticamente y fabricarlo también, incluso de manera simultánea con el primero; se elimina el stock del producto (ya que se fabrica solo lo que el cliente va demandando) y los tiempos de para reconfiguración entre lote y lote prácticamente desaparecen o se reducen.
 - Flexibilidad; tiene la capacidad de producir una o varias familias de
-

piezas (productos). La clasificación de piezas por familias, en función de las operaciones necesarias para obtener cada una de ellas, es una disciplina conocida como tecnología de grupos.

Consiste en:

Un FMS se debe implantar en una fábrica de manera progresiva, la transición de un sistema de producción tradicional es gradual.

1. En la fase inicial se debe introducir a los módulos de fabricación flexible

Los FMM están formados por una única máquina- herramienta con control numérico (MHCN) y pueden fabricar piezas diferentes sin necesidad de que un operario realice cambios de elementos; para ello los MHCN están dotados de almacenes automatizados de herramientas, de un almacén automatizado de piezas en bruto y acabadas y de un intercambiador automático de pales.

2. En un segundo paso supone la creación de células de fabricación flexible

Las FMC son una agrupación de MHCN alimentados por un sistema de manipulación y transporte automático y que cuentan con un almacén de piezas y herramientas. El conjunto está gestionado por un ordenador central, que es el que gobierna los almacenes, mandando a cada máquina el material de partida y las herramientas adecuadas y cargando en los CN de las máquinas los programas convenientes en cada momento.

3. Tercer paso es la implantación de líneas de fabricación flexibles

Están formadas por varias máquinas en línea, conectadas entre sí mediante un sistema de transporte y alimentación automática. Las entradas y salidas de materiales a la línea se suelen hacer desde una estación de carga /descarga. Las entradas se hacen al azar de gran diversidad de piezas, cada una con su correspondiente identificación (código de barras o QR), el ordenador central gestiona el programa de producción y asigna a cada pieza un itinerario.

Podemos encontrar 2 tipos de distribución de la línea:

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ En línea: se utiliza un sistema de transferencia lineal, suele tener capacidad de movimiento en las 2 direcciones. ➤ En anillo: el sistema de transferencia tiene forma cerrada y los MHCN se sitúan en la periferia.
		<p>4. Cuarto paso es la fábrica flexible</p> <p>Tiene todos los sistemas automatizados, un ordenador central coordina todos los elementos del sistema.</p>
	<i>Definición</i>	son los responsables de trasladar los materiales desde el almacén de materia prima hasta una estación de trabajo, desde una estación de trabajo hasta la siguiente, o desde una estación de trabajo hasta el almacén de producto acabado (Romero, P. 2018 (pg 22)).
	<i>Se dividen en</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sistemas de transporte de carga a granel ➤ Sistemas de transporte de cargas unitarias
S i s t e m a s d e T r a n s p o	<i>Clasificación según</i>	<p>Sistemas de transporte a granel</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Elevador de cangilones: se utilizan para mover material a granel en dirección vertical. Se componen de las siguientes partes (órgano de tracción, cangilones, tambor de accionamiento, tambor tensor o de reenvió, caja, cabeza del elevador, bota o pie del elevador, puerta de servicio o de inspección, tolva de alimentación y tolva de descarga. el tambor de accionamiento recibe la potencia desde un motor eléctrico, a través del correspondiente sistema de transmisión. <p>Los elementos fundamentales del elevador de cangilones son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El órgano de tracción: según la altura de elevación y el tipo de material a elevar pueden ser (bandas transportadoras o cadenas). • Cangilones: pueden ser (cangilones profundos, cangilones poco profundos o cangilones de escama). <p>en función del tamaño del material a transportar, la carga del elevador se puede realizar directamente desde tolva o por dragado y la descarga del elevador puede ser centrifuga o por gravedad.</p> <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Equipos sencillos, reducido mantenimiento, son herméticos y permiten el transporte de materiales a elevada temperatura.

r
t
e

A
u
t
o
m
a
t
i
c
o

Desventajas:

- Elevado consumo eléctrico, los alargamientos en bandas/cadenas que exigen su sustitución cada cierto tiempo y el riesgo de atascos entre el cangilón y el carenado del elevador.
- **Cintas transportadoras:** también llamadas bandas se utilizan tanto para materiales a granel como para cargas unitarias, son empleadas cuando hay que desplazar grandes cantidades de material entre 2 puntos concretos siguiendo una ruta fija.

El sistema está formado por un bastidor, un tambor de accionamiento, un tambor de reenvío, un tambor tensor, unos rodillos soporte y la cinta.

Ventajas: son sencillas, tienen elevada vida útil y un alto rendimiento.

Desventajas: tienen la necesidad de disponer de un elevado stock de recambios.

Sistemas de transporte de cargas unitarias

- **Transportadores de rodillo:** su funcionamiento es muy sencillo; cuando la carga llega a un rodillo, por efecto del rozamiento entre ambos, produce una fuerza entre el rodillo que, multiplicado por el radio de este, genera un par que obliga al rodillo a girar sobre sí mismo. La velocidad que adquiere la carga depende de las características del rodillo (peso, diámetro, coeficiente de rozamiento de los cojines) y las características de la carga (peso, longitud, coeficiente de rodadura entre rodillo y carga). La pendiente del transportador es pequeña, ya que tampoco interesa que las cargas adquieran demasiada velocidad.

Están formados por: **1). Un bastidor metálico**, con una pequeña inclinación con respecto al plano horizontal, al que están fijados los ejes de los rodillos y 2). En estos ejes se ajustan los rodamientos sobre los que se montan los **rodillos cilíndricos** (acero, aluminio o plástico) en las curvas, los rodillos son troncocónicos, para impedir que la carga salga despedida.

Existe una variante a estos transportadores de rodillos libres se conocen como **transportadores de rodillo activos o motorizados**, ya que estos son

accionados por una correa, cinta o cadena.

Ventajas: facilidad de montaje, flexibilidad, sistemas sencillos y de funcionamiento silencioso, aptos para la automatización, versátiles ya que permiten el transporte de todo tipo de cargas.

Desventaja: alto número de elementos móviles, que requieren un alto nivel de mantenimiento elevado.

➤ **Transportadores aéreos:** estos sistemas están constituidos por una serie de carros de transporte que están colgados en un perfil o viga continua y son traccionados por una cadena de arrastre. Los recorridos estas formados por tramos horizontales rectos, horizontales curvos y tramos en pendiente ascendente o descendente. la viga continua, puede estar colgada de la estructura de la propia nave o de una estructura auxiliar construida para tal fin. Los perfiles más utilizados para su construcción son del tipo (I, H, U) en cajón.

Según si el perfil es simple o doble, se distinguen entre:

- **Transportadores aéreos de monocarril:** el carro va colgado habitualmente de las alas inferiores de un perfil tipo I. un brazo sale de cada lateral del carro para unirse a su pareja más abajo mediante tornillos o remaches. Este nudo tiene una doble función: de él cuelga el carro portacargas propiamente dicho y un eslabón de la cadena que acciona el transportador que abraza ese nudo y tira del carro cuando el transportador está en marcha.
- **Transportadores aéreos de bicarril:** se caracteriza por el empleo de 2 caminos de rodadura paralelos; por el perfil superior rueda el carrito portacadenas, por el perfil inferior rueda el carro portacargas. Ambos, carros son independientes, hecho que permite que el carro portacargas pueda realizar intercambios de carril.

Existen variantes de los anteriores transportadores:

- **Transportador aéreo motorizado:** cada carro porta cargas dispone de un motor independiente, que aporta la potencia necesaria para que
-

la carga se desplace por el camino de rodadura.

- **Transportador de cadena invertida:** la carga no cuelga del camino de rodadura, sino que se mueve encima de este.

➤ **Vehículos de guiado automático (AGV):** es un vehículo sin conductor que se mueve por la factoría de manera autónoma, siguiendo rutas programadas. Pueden desplazarse siguiendo:

- **Rutas fijas** previamente establecidas (sistemas de navegación por trayecto fijo o sistemas filoguiados). Tipos de AGV; **1). Inductivos**, el vehículo va siguiendo el campo magnético generado por un cable enterrado por el que circula una corriente eléctrica. **2). Ópticos y magnéticos**, el AGV posee un lector que le permite una cinta pegada al suelo con un determinado color o unas propiedades magnéticas concretas.
- **Rutas distintas** cada vez, siguiendo las ordenes de un ordenador central (sistema de navegación abierta). Son basados en el uso de sistemas laser; el AGV emite señales laser a distintos espejos colocados en puntos estratégicos de la fábrica. También son empleados los sistemas de posicionamiento por satélite GPS.

Ventajas: no se requiere mano de obra, existen diferentes modelos de AGV en función del tipo de producto a transportar, son bastante fiables y tienen un sistema de funcionamiento relativamente simple y su uso genera menos acciones que las carretillas elevadoras con conductor.

Desventajas: alto coste de implantación requiere de una redistribución en la fábrica, baja velocidad de transporte en relación con otros sistemas y baja flexibilidad en los sistemas filoguiados.

➤ **Grúas:** aparato de elevación de cargas constituido básicamente por una estructura resistente, un polipasto (conjunto de 2 o más poleas) y un cable o cadena que en un extremo se enrolla en un tambor y en el otro termina en un gancho.

Criterios de clasificación:

		<ul style="list-style-type: none"> • En función de su morfología: puentes – grúa, grúas pórtico, grúas torre, grúas giratorias de columna, grúas giratorias de plataforma, grúas móviles. • En función del número de movimientos: grúas de un movimiento (elevación), grúas de 2 movimientos (elevación y traslación) y grúas de 3 movimientos (elevación y doble traslación).
S i s t e m a s	<i>Definición</i>	son los responsables de suministrar material en un punto concreto del proceso de fabricación, en la cantidad adecuada y con una cadencia determinada. Cuando se trata de piezas unitarias, frecuentemente estos sistemas deben, además, suministrarlas con una orientación específica (Romero, P. 2018 (pg 31)).
	<i>Criterios de elección</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Para piezas grandes: se utilizan normalmente como sistema de alimentación las cintas transportadoras o sistemas similares ya explicados. ➤ Para piezas pequeñas: los sistemas de alimentación usualmente están formados por los siguientes elementos: tolvas, alimentadores circulares y alimentadores lineales.
d e A l i m e n t a c i ó n		<p>Tolvas</p> <p>Son almacenes intermedios de piezas en forma de pirámide invertida y usualmente fabricados en chapa o material plástico. Están situadas sobre los alimentadores circulares, y dado que estos solo funcionan bien cuando tienen en su interior un número determinado de piezas, tienen la misión de ir dosificando la caída de piezas dentro de dichos alimentadores.</p> <p>Pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La caída de piezas es controlada mediante una válvula de compuerta, que está gobernada por un autómata. 2. El autómata está conectado a un par de sensores, ubicados en el interior del alimentador, uno en la parte superior y otro en la parte inferior. 3. El sensor inferior es el encargado de avisar al autómata de que el nivel de piezas es bajo (y este abre la válvula para que caigan más piezas). 4. El sensor superior avisa al autómata cuando el nivel de piezas en el alimentador es elevado (y este cierra la válvula para que no caigan más piezas).
	<i>Para piezas pequeñas</i>	

Alimentadores circulares	<p>Son dispositivos encargados de orientar correctamente los componentes entregados por la tolva (de forma desordenada). Deben entregar dichos componentes a la línea de producción en una posición concreta y con una cadencia adecuada.</p> <p>Existen 2 tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vibradores circulares: están formados por una cuba, una base vibratoria y una campana insonorizante. • Vibradores centrífugos: se utilizan cuando las piezas son grandes o las cadencias de suministro son muy elevadas.
Alimentadores lineales	<p>Están constituidos por regletas o carriles rectilíneos que suministran componentes o piezas a la línea de ensamble o fabricación. Las piezas pueden proceder de un alimentador circular o directamente de una tolva. En ambos casos permite la acumulación de cierto número de piezas; de modo, que si hay cualquier atranque en el alimentador circular o la tolva no hay que detener la línea de producción.</p> <p>Tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alimentadores lineales vibratorios: consisten en regletas metalizas que se mecanizan con la forma adecuada para que la pieza quede colgada. • Alimentadores lineales neumáticos: se basan en el uso de actuadores lineales, que van empujando las piezas a lo largo de un carril.
Dispositivos	<p>PLC</p> <p>Los controladores lógicos programables, denominados también por sus siglas en inglés PLC, son dispositivos digitales que han sido de gran utilidad en el incremento de la capacidad de respuesta y disminución del tiempo de los procesos productivos, por ello su mayor aplicación se encuentra en el sector industrial, que los emplea para conseguir el propósito del mejoramiento de la eficiencia (Aguirre, V 2015).</p> <p>Los dispositivos PLC incluyen hardware y software, que se conectan a una máquina o conjunto de máquinas que componen una línea de producción, a través de un Ladder o programa en escalera, dispuesto por sentencias o instrucciones.</p>

D i g i t a l e s	<i>Técnicas de automatización</i>	Los robots	<p>JIRA define los robots industriales como dispositivos capaces de moverse de modo flexible, análogo al que poseen los organismos vivos, con o sin funciones intelectuales, permitiendo operaciones en respuesta a las órdenes humanas. (Fernández, 2006).</p> <p>RIA considera que un robot industrial es un “manipulador reprogramable y multifuncional, diseñado para mover materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales a través de movimientos variables programados para la ejecución de una variedad de tareas (Fernández, 2006).</p> <p>Componentes de un robot industrial:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controlador • Generador o fuente de energía • Manipulador (estructura mecánica o brazo) • Ejecutor final
		Control numérico por ordenador (CNC)	<p>El programa NC es un conjunto de instrucciones consistentes en una determinada posición de letras, números y símbolos. El NC tiene 3 componentes: el programa, el controlador y la máquina.</p> <p>Con el paso del tiempo, se sustituyó el codificador y decodificador de cintas por un microprocesador incorporado a la máquina, y se le denominó control numérico por ordenador (Computer Numerical Control, CNC). El CNC está formado por: 1) una máquina-herramienta típica utilizada para hacer girar, perforar o conformar distintos tipos de piezas y 2) un ordenador que controla la secuencia de las tareas realizadas por la máquina. Así, pues, el CNC utiliza los principios esenciales del control numérico tradicional, pero emplea un programa almacenado para realizar las funciones de control numérico básicas.</p> <p>Cuando varias máquinas-herramientas están enlazadas con y a través de, un ordenador, que dirige y controla sus operaciones, reciben la denominación de control numérico directo (Direct Numerical Control, DNC).</p>

Sistemas automatizados de manejo de materiales (AMH)	<p>Los AMH mejoran la eficiencia en el transporte, almacenamiento y recuperación de materiales. Ejemplo los AGV son vehículos de reducido tamaño, con energía independiente, que transportan materiales a través de las instalaciones productivas, siguiendo una trayectoria bajo el suelo o en la superficie de la fábrica en forma de bandas metálicas; todo ello se realiza de acuerdo con las instrucciones de un ordenador que lleva incorporado o de un ordenador central. (Romero, 2018).</p> <p>Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reducción de costes derivados de la sustitución de la mano de obra por tecnología. • Favorece las entregas justo a tiempo de los materiales, piezas o componentes entre las diferentes fases del proceso de producción.
Producción ajustada (lean manufacturing)	<p>“Ajustada” hace referencia a “ajustada a la demanda” es decir, producir solo lo que el cliente necesita, cuando lo necesita y en la cantidad que necesita. Para poder responder de forma ágil y eficiente a las necesidades de los clientes, es necesario eliminar todos los obstáculos que dificulten el flujo entre la materia prima y el producto terminado. Estos obstáculos se denominan Desperdicios o Despilfarros (Wastes); y están constituidos por todas aquellas actividades que no agregan valor al producto o servicio y que no son necesarios para el proceso. De ahí que también se la denomine “Manufactura Esbelta”: magra (Lean), es decir, libre de desperdicios o despilfarros.</p> <p>Taiichi Ohno reconoció siete tipos de desperdicios (wastes):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Correcciones: generan reprocesos, costos referentes a la no calidad, interrupciones en el proceso productivo, paradas en la línea de producción, incumplimiento de la demanda y reprogramación de las ordenes de pedido. • Movimiento de material: movimientos de materiales innecesarios y largas distancias recorridas, producto de la mala planificación y organización en planta. • Movimiento de personas: desplazamientos innecesarios de los operarios debido a la mala distribución de los materiales y herramientas en planta y una gestión inadecuada de ingeniería de manufactura. • Esperas: son generadas debido al desbalance de las operaciones lo cual genera acumulación de material en algunas estaciones de trabajo y tiempos muertos, con una tendencia mayor de lean time, y/o por un sistema de abastecimiento

	<p>descoordinado o defectuoso.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inventario: los productos en stock implican: capital inmóvil, gastos en gestión, transporte de material, espacio físico ocupado. • Procesamiento (sobre - procesamiento): atributos o características atribuidos al producto pero que no generan ningún valor, aumentan el costo del producto y no acarrea ningún beneficio. • Sobre - producción: la producción anticipada, implica incurrir en gastos innecesarios.
<p>S e n s o r e s</p>	<p>Son dispositivos de entrada que proveen una salida manipulable de la variable física medida (Corona, L. 2014). Los sensores entregan señales eléctricas a la salida, ya sean analógicas o digitales, debido a que este tipo de dominio físico es el más utilizado en los sistemas de medida actuales.</p> <p>Los sensores pueden clasificarse de muchas formas distintas, pero las más comunes son por el <i>tipo de variable</i> o por el <i>principio de transducción</i> utilizado.</p>
<p>y</p> <p><i>Sensores</i></p> <p>A c t u a d o r e s</p>	<p>Clasificación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Por el principio de transducción: piezoresistivo, capacitivo, piezoeléctrico, ultrasónico, magnético, termoelectrico, fotoeléctrico y químico. • Por el tipo de variable medida: un mismo sensor puede ser utilizado para la medición de distintas variables físicas: <ul style="list-style-type: none"> ➤ De posición, velocidad y aceleración ➤ De nivel y proximidad ➤ De humedad y temperatura ➤ De fuerza y deformación ➤ De flujo y presión ➤ De color, luz y visión ➤ De gas y ph ➤ Biométricos ➤ De corriente

Características

Estáticas: hace referencia a rasgos que no cambien con el tiempo.

- **Sensibilidad:** se define como la entrada mínima que requiere el sensor para provocar una salida detectable.
- **Rango:** se define como el intervalo presente entre el valor mínimo y el valor máximo de la variable física que puede medir el sensor.
- **Precisión:** hace referencia al grado de repetitividad de la medida.
- **Exactitud:** se define como la diferencia máxima entre la salida actual del sensor y el valor real de la variable medida.
- **Linealidad estática:** se define como la desviación que presenta el sensor en la curva proporcionada por el fabricante en condiciones controladas y la curva de salida actual.
- **Offset:** se define como un corrimiento en el eje y de la curva de salida, la cual siempre se caracteriza por ser siempre igual en ciertas condiciones de operación. El offset constituye la salida que presenta un sensor cuando en realidad esta debería ser cero.
- **Resolución:** se define como el cambio más pequeño en la variable física que le es posible registrar.
- **Error estático:** representan los errores presentados cuando las variables son medidas.

Dinámicas: describen al sensor en función del tiempo.

- **Tiempo de respuesta:** se define como el periodo que transcurre desde que la variable censada presenta un cambio de estado y el sensor lo registra.
 - **Histéresis:** es la capacidad que tiene el sensor para seguir la curva de salida ideal debido a la tendencia de los cambios de la variable física.
 - **Linealidad dinámica:** es la capacidad que tiene el sensor para seguir correctamente la curva de salida dada por el fabricante cuando la variable física experimenta cambios repentinos y muy rápidos.
 - **Error dinámico:** puede ser causado por varias razones, y entre las más comunes destacan las cargas inducidas en el sensor debido a los aparatos de medición.
-

Ejemplo de sensores según la variable de medición o que detectan

- **Ópticos:** detectan la presencia de una persona o de un objeto que interrumpe el haz de luz del sensor y transforma esta respuesta visual a un impulso eléctrico.
- **Térmicos:** también conocidos como sensores de temperatura o de calor, identifican variaciones en la temperatura del aire o del agua y las transforma en una señal eléctrica. Se destacan (los sensores digitales de temperatura y los sensores de humedad y temperatura).
- **Magnéticos:** son capaces de divisar un campo magnético externo, próximo y dentro del área sensible.
- **Infrarrojos:** miden la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión.
- **De contacto:** son interruptores que se activan o desactivan si se encuentran en contacto con un objeto, reconociendo su presencia en determinado lugar.
- **De presión:** se utilizan para medir la presión en una posición determinada, además, miden variables como flujo de fluidos /gas, velocidad, nivel del agua, altitud, entre otros. Los más comunes son (los sensores de presión giratorios y los sensores de presión de vacío).
- **De proximidad:** Se trata de sensores que miden el movimiento o proximidad entre procesos. Los hay de varias clases: capacitivos, inductivos, fotoeléctricos o magnéticos.
- **De posición:** permiten medir la posición lineal o angular de un objeto con respecto a un plano (o usándose a sí mismo como referencia), para transformarla en una señal eléctrica que puede ser interpretada por un sistema de control mayor.
- **Entre otros.**

Actuadores

Es un dispositivo con la capacidad de generar una fuerza que ejerce un cambio de posición, velocidad o estado de algún tipo sobre un elemento mecánico, a partir de la transformación de energía (Corona, L 2014).

Estos se clasifican en 2 grandes grupos:

- **Por el tipo de energía utilizada:**
 - **actuadores neumáticos:** la fuente de energía es el aire a presión, por ejemplo (cilindros
-

neumáticos, motores neumáticos, válvulas neumáticas y electroneumáticas).

- **Hidráulicos:** la fuente de energía es un fluido (aceite mineral) por ejemplo (cilindros hidráulicos, motores hidráulicos, válvulas hidráulicas y electrohidráulicas).
- **Eléctricos:** la fuente de energía es la electricidad, por ejemplo (motores de corriente continua, motores de corriente alterna y motores paso a paso).



- **Por el tipo de movimiento que generan:** actuadores lineales y rotativos.
-

Nota. Esta tabla muestra la información recolectada referente a los sistemas y/o maquinaria autónoma utilizada en la industria manufacturera.

Actualmente la industria manufacturera cuenta con una serie de sistemas, y herramientas que hacen que los procesos mejoren considerablemente y se ajusten según la actividad que desempeñan, en el caso del proceso productivo de la arepa y teniendo en cuenta que se está analizando la producción de microempresas, el nivel de automatización que se busca implementar es de bajo impacto, es decir, mejorar la productividad y eficiencia del sistema pero sin tener mayor inversión o cambios en el la línea de producción, lo que se busca es diseñar un la línea de producción óptima que tenga mayor rendimiento, sea amigable con los operadores, el medio ambiente, y por supuesto mejore la calidad de los procesos y a su vez del producto.

Para el caso en estudio se identificó la maquinaria industrial necesaria para diseñar la línea de producción de la arepa, la cual es usada actualmente para producir este tipo de productos en grandes cantidades, estas son equipos asistidos pero que no requieren de mayor esfuerzo humano para realizar su función ver (tabla 4).

Tabla 4*Maquinaria Industrial Usada para la Producción de la Arepa*

Maquinaria Industrial			
Tipo	Nombre	Detalles Técnicos	Imagen
Mojadora eléctrica industrial	Amasadora 100 kg Inox con aspas	Amasadora Inox 304 con aspas. Capacidad 100 kg de harina Con tolva de acero inoxidable 430 Aspas de acero inoxidable cuenta con un Switch de pastilla termomagnética y sobre todo de menor consumo de energía eléctrica.	 <p>Fuente: https://www.tortilladoras.com.mx/producto/amasadora-100-kg-inox-aspas/</p>
Laminadora industrial	Laminadora para arepas	Máquina elaborada en acero inoxidable, la cual cuenta con una banda de devolución de material sobrante. Permite graduar tanto la dimensión como el grosor de la arepa, permitiendo el corte de cuatro (4) diámetros diferentes de arepa, de acuerdo a la preferencia del cliente. De la misma manera, es posible graduarla de acuerdo al grosor deseado. Permite la obtención de hasta 4 arepas por segundo, dependiendo el tamaño. Rodachinas incorporadas que permiten el movimiento del equipo, facilitando la limpieza del área. Esta laminadora permite el aprovechamiento total de la materia prima	 <p>Fuente: https://www.ingenieriama.com.co/producto/formadora-de-arepas/</p>



Fuente: industrias indumafe – youtube

Horno eléctrico	Horno túnel	<p>Horno tunel electrico y/o a gas Proporciona 2 tipos de cintas transportadoras estandar (una es la placa de cadena transportadora, y la otra la correa de red de transmision). Puede controlar con precisión el tiempo de horneado. La cinta transportadora de transmisión tiene un dispositivo automático de corrección de desviación. Control del sistema de temperatura del aire de circulacion, sistema de circulacion de aire caliente para garantizar una temperatura de horneado uniforme y sistema de deteccion de gas que ahorra energia para garantizar un uso seguro.</p>
-----------------	-------------	---

Fuente: <https://es.aliexpress.com>

Sistema de enfriamiento	Bandas de niveles de enfriamiento	<p>En este recorrido el producto baja su temperatura a una temperatura ambiente también es ideal para evitar proceso de enlatar o montar en escabiladeros facilitando el proceso de almacenaje o empaque.</p> <p>Malla transportadora en polipropileno grado alimenticio 5 niveles</p>
-------------------------	-----------------------------------	---

anclable a horno tipo tunel
 Rodachinas de alta resistencia
 Variador de velocidad con tensión eléctrica 110 v
 o 220v
 Niveladores para tamaño de producto
 Piñonera interna importada con protección y
 guarda de mecanizados
 Mecanizados mixtos cubiertos
 Med: 60 trabajables x 5mt
 pintura electrostatica
 Accesorios: Extractor y turbinas de ventilacion



fuente: <https://www.megatiendadeproyectos.com/product-page/bandas-de-niveles-de-enfriamiento-5-niveles-1>

Nota. Esta tabla muestra la maquinaria identificada para realizar el diseño del sistema automatizado de la arepa.

Haciendo un contraste de la información levantada mediante la encuesta a las 4 microempresas en estudio con su respectivo análisis y la información recolectada sobre las diferentes técnicas y herramientas utilizadas actualmente en la industria alimentaria como optimizadores en los procesos productivos, y teniendo en cuenta el objetivo general del proyecto, en la siguiente tabla resumen (ver tabla 5) se determinó los diferentes sistemas, herramientas y/o maquinaria, dispositivos, sensores, y la fuente de energía, que permitirán llevar a cabo el diseño óptimo de la línea de proceso productivo de la tradicional arepa boyacense, para así pasar de un plano mecanizado y /o tradicional a un plano totalmente autónomo, el cual permita optimizar el proceso, mejorar la eficiencia del sistema, contribuir positivamente al medio ambiente y por supuesto mejorar la calidad del trabajo que beneficie al personal operario

Tabla 5*Resumen Línea de Fabricación Automatizada*

Tabla Resumen “Línea de Fabricación Automatizada”	
Sistema de fabricación	Fabricación continua: <ul style="list-style-type: none"> • Un solo producto • Grandes cantidades • Flujo continuo • Operaciones en línea
Sistema de transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Cintas transportadoras • Transportadora de rodillo
Sistemas de alimentación	Alimentadores lineales
Dispositivos digitales	<ul style="list-style-type: none"> • Brazos robóticos • Un PLC
Sensores	<ul style="list-style-type: none"> • Ópticos • De proximidad
Fuente de energía del sistema	<ul style="list-style-type: none"> • Actuadores eléctricos lineales • Eléctrica
Herramientas y maquinaria	<ul style="list-style-type: none"> • 2 mojadoras eléctricas • Laminadora • Horno túnel • Sistema de enfriamiento • Transelevador

Nota. Esta tabla muestra en resumen cual maquinaria y/o herramientas serán utilizadas para el diseño de la línea de producción automatizada.

Como se puede ver en la tabla anterior y según los requerimientos del proceso productivo de la arepa, se determinó implementar un sistema de fabricación continua, teniendo en cuenta que sería una línea de fabricación de un solo producto, en este caso la arepa, además que nos facilita fabricar en masa y sin interrupciones durante el proceso, por otra parte el adoptar las cintas transportadoras como conductoras del producto, permite tener un flujo continuo y en línea, de igual manera, los dispositivos digitales tales como los brazos robóticos y los PLC así como los sensores permiten tener un mayor control y

autonomía del sistema, ya que estos son programados a fin de evitar pérdidas de tiempo y evitar errores en cada etapa del proceso.

La principal fuente de energía será la eléctrica, teniendo en cuenta que se busca mejorar la relación del proceso con el medio ambiente y sobre todo mejorar las condiciones laborales de los operarios, evitando que se vean expuestos a ambientes no controlados.

Diagrama de Proceso Sectorial de la Arepa Boyacense de la Línea de Producción tradicional/mecanizada

Descripción del proceso productivo de la línea de producción tradicional / mecanizada para la fabricación de la arepa boyacense.

Etapas del Proceso

Recepción de materia prima e insumos. En esta etapa un operario se encarga de recibir las materias primas e insumos necesarios para llevar a cabo la producción.

Lavado del maíz. Se procede a lavar el maíz en una tina con abundante agua, para eliminar partículas indeseadas.

Cocción del maíz. La arepa generalmente lleva maíz peto en su relleno, por lo que es necesario hacer la cocción de este, por un tiempo mínimo 40 min hasta que el grano ablande.

Secado del maíz. El maíz es lavado después de su cocción para bajar la temperatura y colocado en una canasta para eliminar el exceso de humedad.

Molienda. El maíz es molido ya sea en molino de mano o molino eléctrico aquí el tiempo que tarde depende de la herramienta que se utilice y la cantidad de maíz, se muele para obtener una masa homogénea que será utilizada en el relleno de la arepa.

Mezclado del relleno. El operario encargado vierte las cantidades necesarias de insumos en una tina plástica /aluminio o mojadora eléctrica para obtener el relleno, como (la cuajada, queso, azúcar y almidón de trigo, etc) o según los requerimientos del producto y de producción, en caso de ser una operación manual el operario procede a mezclar con sus manos los insumos hasta obtener una mezcla homogénea y en su punto ideal, el tiempo varia considerablemente, según la cantidad a mezclar y el rendimiento del operario, en caso de contar con la maquina esta realiza la acción de mezclar pero debe ser alimentada y supervisada por el operario, el tiempo tiene menor variación.

Amasado. En esta etapa del proceso el operario mezcla los insumos necesarios para obtener la masa o corteza de la arepa, de igual manera en una tina o mojadora eléctrica, así mismo, si la operación es manual el tiempo varia considerablemente, mientras que si se utiliza maquinaria es probable que se reduzca un poco el tiempo de operación.

Formado. Esta etapa es realizada por 1 o 2 operarios, que de manera manual van formando la tela (corteza de la arepa) y agregándole el relleno para formar la arepa, en ocasiones estas porciones son pesadas una a una en una gramera o simplemente con el tacto de las manos, lo que ocasiona que varíe el tiempo de operación al igual que el peso y forma del producto.

Pre - asado y asado. Previamente formada la arepa esta pasa a la estación de Pre - asado y asado, donde se le dará la cocción al producto final; esta operación es realizada por

1 operario, es considerada la que mas requiere esfuerzo humano, ya que al ser manual el operario esta 8h o mas en movimiento y por lo general de pie, expuesto a altas temperaturas, la cocción del producto también puede variar mucho en cuanto tiempo y forma, es posible que se tenga perdidas de producto en esta etapa por sobrecocción o falta de cocción.

Enfriamiento. En esta etapa del proceso el producto es retirado y acomodado por un operario en “manares o latas de acero” y colocados en un espacio hasta que alcancen una temperatura ambiente, esto puede tardar mínimo una hora para que el producto este apto para ser empacado.

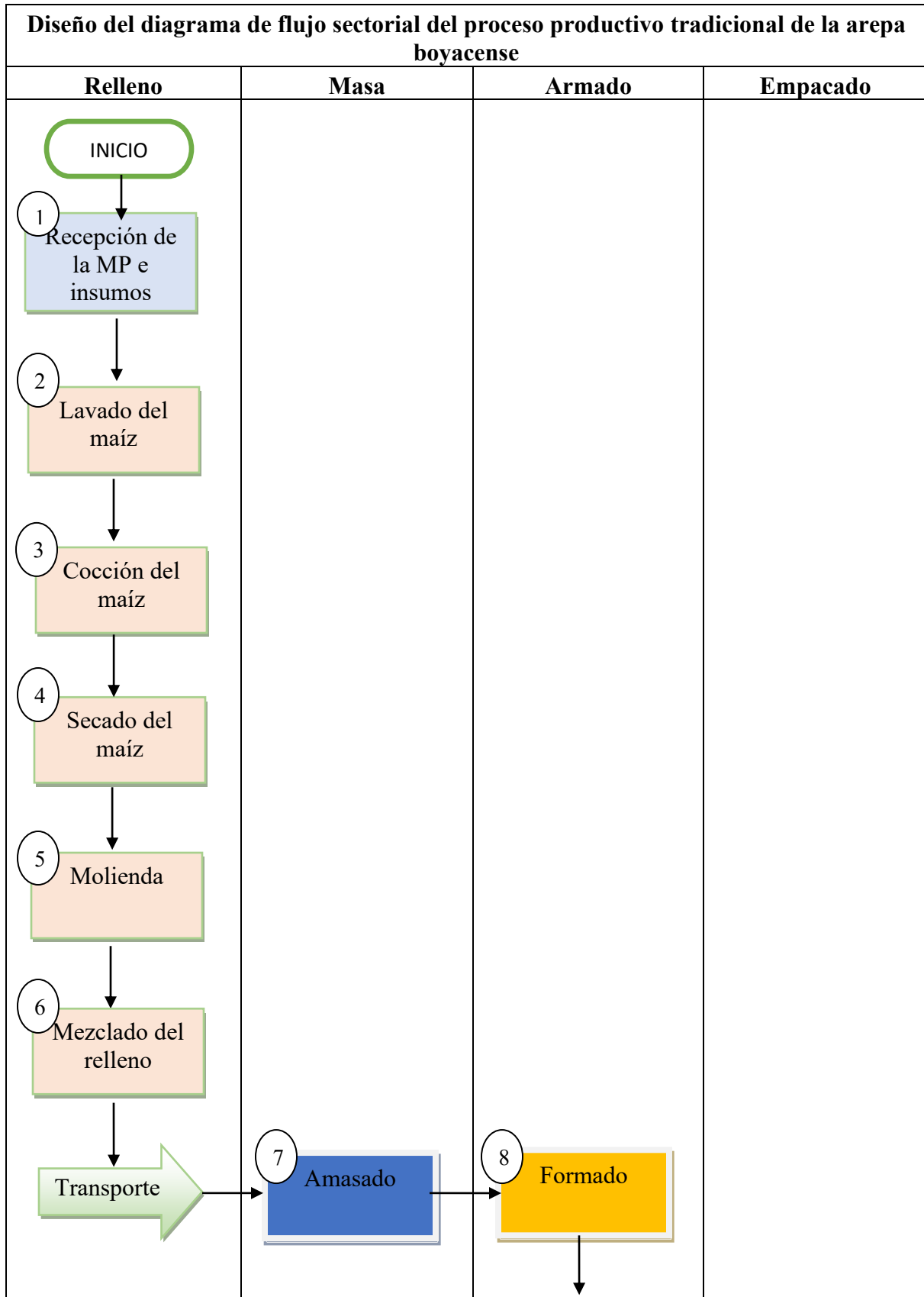
Empacado. Cuando el producto haya alcanzado una temperatura ambiente este será empacado en cajas o bolsas, en las cantidades requeridas. Esta acción es realizada por uno o mas operarios encargados de acomodar el producto, el tiempo puede variar según el rendimiento del operario.

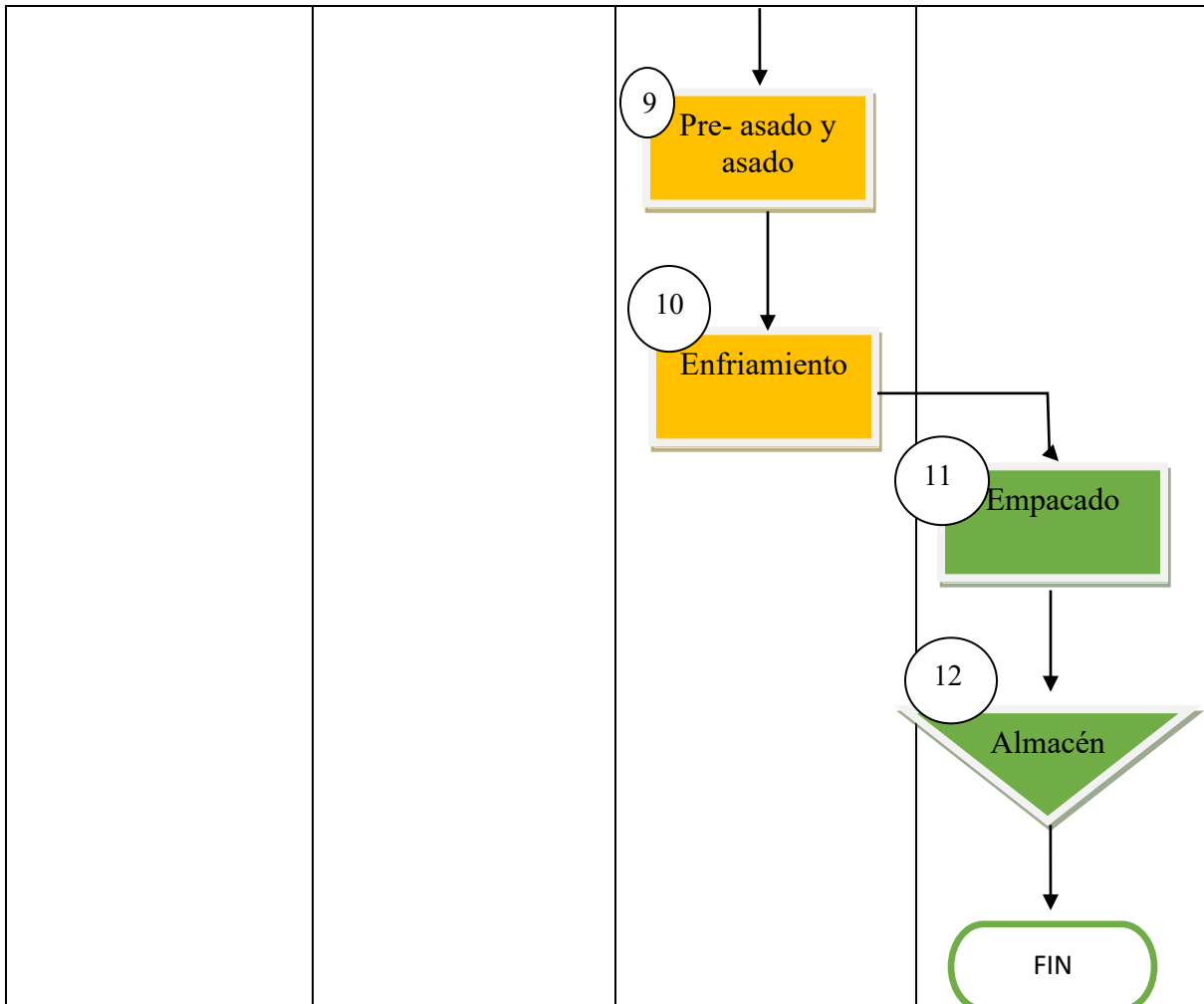
Almacén. Como la producción es sobre stock, dado que es un producto altamente perecedero, las cajas de producto serán almacenadas por un periodo de tiempo corto antes de su despacho. Esta actividad es realizada por un operario quien acomoda las cajas una sobre otra en un pequeño espacio para ser despachadas.

A continuación, se presenta el flujo del proceso productivo de la arepa boyacense con un sistema tradicional/mecanizado (ver figura 18).

Figura 18

Flujograma del Proceso Productivo de la Arepa en Sistema Tradicional





Nota. Diagrama de flujo sectorial del proceso productivo de la arepa en un sistema tradicional

Diagrama de Proceso Sectorial de la Arepa Boyacense, Para la Línea de Producción

Automatizada.

Descripción del proceso productivo de la línea de producción diseñada para la fabricación de la tradicional arepa boyacense de manera automatizada.

Etapas del Proceso

Etapa 1 relleno

Recepción de materia prima e insumos. En esta etapa ingresan todas las materias e insumos necesarios para proceso según los requerimientos de producción, esta etapa es la encargada de alimentar al sistema.

Mezclado del relleno. El operario encargado alimenta a la maquina (mojadora) con los insumos necesario para obtener el relleno, como (la cuajada, queso, azúcar y almidón de trigo, etc) o según los requerimientos del producto y de producción, los cuales serán mezclados con un tiempo de producción de 15 min o según la cantidad de materia a procesar, con el fin de obtener una mezcla homogénea denominada (relleno) de la arepa boyacense.

Etapa 2 masa

Amasado. En esta etapa del proceso de manera simultánea con la etapa anterior, se mezclan los insumos necesarios para obtener la masa o corteza de la arepa por un tiempo de producción de 10 min o según la cantidad de materiales a procesar en una mojadora industrial, de igual manera alimentada por un operario según los requerimientos de producción.

Laminado y moldeado. Habiendo obtenido una masa homogénea en la etapa anterior, la masa se desplaza por una banda transportadora para ser laminada, es decir, adelgazarla de manera que esta pueda ser porcionada de manera uniforme, a su vez pasa a la etapa de moldeado donde se sacan de manera uniforme porciones de masa proporcionales en forma y peso listas para ser rellenas. En esta etapa el tiempo mínimo de producción es de 5 min.

Formado. En esta etapa se encuentran tanto la corteza como el relleno, debidamente proporcionados para ser ensamblados, es decir, el relleno es colocado dentro de la tela de masa previamente formada, de igual manera darle la forma a la arepa. Con un tiempo de producción de mínimo 10 min.

Pre-asado y asado. Previamente formada la arepa esta pasa a la estación de Pre-asado y asado, donde se le dará la cocción al producto final dentro de un horno industrial, a fin de obtener el punto ideal para poder ser consumida (color, textura, sabor). En esta etapa del proceso se requiere mínimo de 20min.

Enfriamiento. Dado que el producto sale de asado con una elevada temperatura, es necesario bajarla de manera brusca mientras se desplaza a la siguiente etapa por medio de un sistema de enfriamiento, hasta alcanzar una temperatura ambiente. El desplazamiento en esta etapa es de 10min.

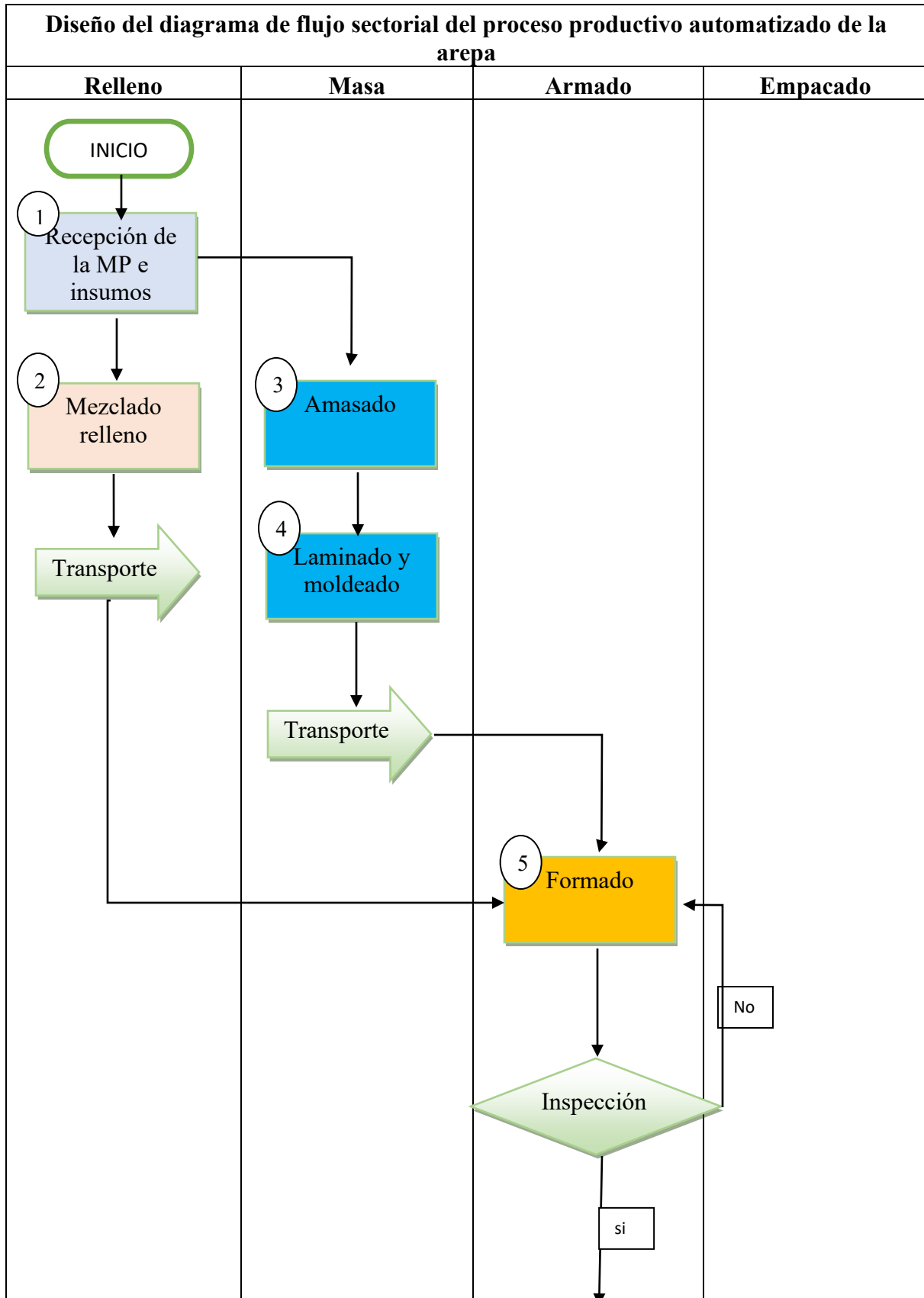
Empacado. Cuando el producto haya alcanzado una temperatura ambiente este será empacado en cajas en las cantidades requeridas. En la estación de empacado estará un operario encargado de acomodar el producto en las cajas en las cantidades requeridas (mínimo 10 unidades/caja), apoyado por un brazo robótico encargado de colocar las cajas en posición para ser empacadas. Operación que requerirá de 10 min/caja.

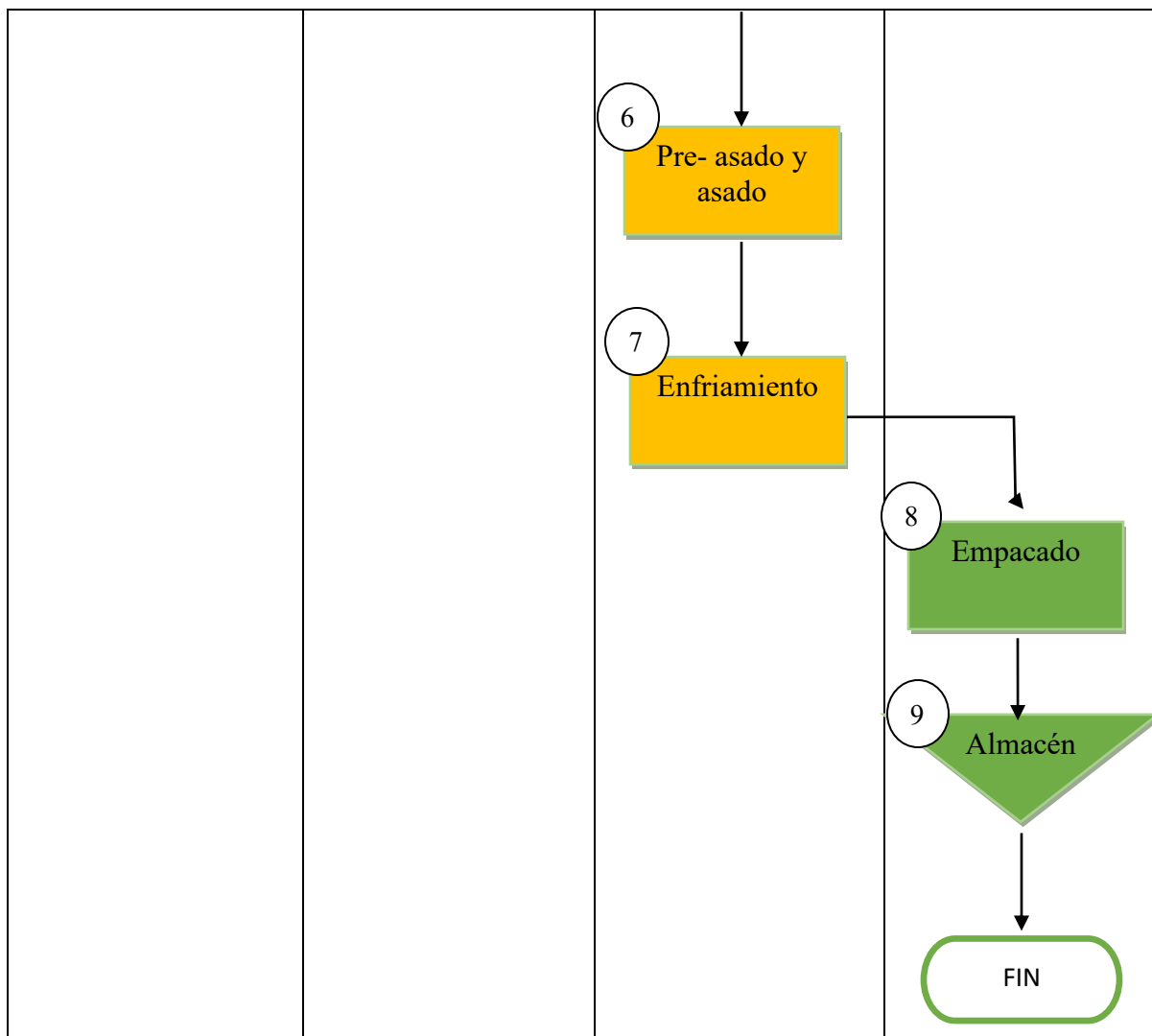
Almacén. Como la producción es sobre stock, dado que es un producto altamente perecedero, las cajas de producto serán almacenadas por un periodo de tiempo corto antes de su despacho. Esta actividad será realizada por un transelevador quien tomará las cajas previamente empacadas y las acomodará en rack. Su tiempo de operación es de 1 min/caja.

A fin de entender de una mejor manera el flujo del proceso productivo de la arepa boyacense, se planteó de manera grafica el diagrama de proceso sectorial propuesto para el diseño de la línea automatizada, aquí se representan todas las etapas para tener en cuenta en la línea de manufactura del producto ver (figura 19).

Figura 19

Flujograma del Proceso Productivo de la Arepa en un Sistema Automatizado





Nota. Diagrama de flujo sectorial del proceso productivo de la arepa en un sistema automatizado.

Haciendo una breve comparación de ambos diagramas, tanto del sistema tradicional como el diseño del sistema automatizado propuesto, se observa un cambio notable, ya que en el sistema tradicional se está manejando una línea de producción secuencial, que consta de 12 etapas, mientras que en el diseño de la línea de producción propuesta, tanto el relleno como la masa son procesos que se estarían haciendo de manera simultánea, además que se está reduciendo el sistema a 9 etapas, con lo cual se busca reducir el tiempo de producción, pero sin afectar las características del producto, y por lo tanto, aumentar significativamente la capacidad del sistema.

Modelado y Validación de la Línea de Producción Automatizada

Modelar y Validar el Funcionamiento de la Línea de Producción Diseñada Mediante el Uso del Software Flexsim.

FlexSim es un paquete de software de simulación de eventos discretos desarrollado por FlexSim Software Products, Inc. La familia de productos FlexSim incluye actualmente el producto FlexSim de propósito general y el entorno de modelado de sistemas sanitarios.

Este es usado para realizar la simulación de eventos discretos, que permite modelar, analizar, visualizar y optimizar cualquier proceso industrial, desde procesos de manufactura hasta cadenas de suministro.

FlexSim fue fundada en 1993 por Bill Nordgren (cofundador de ProModel Corporation, 1988), Roger Hullinger y Cliff King, originalmente bajo el nombre de F&H Simulations, Inc. F&H Simulations vendió, respaldó y realizó cursos de capacitación para el software de simulación Taylor II, que era propiedad y estaba desarrollado por F&H Simulation BV de Holanda (F&H Holland).

En 1998, F&H Holland desarrolló el motor de simulación orientado a objetos en 3D de primera generación Taylor ED (Enterprise Dynamics). F&H Simulations colaboró en el desarrollo de objetos robustos para su uso en Taylor ED y continuó vendiendo, asesorando y brindando capacitación sobre el nuevo software.

En 2000, cuando F&H Holland fue adquirida, F&H Simulations aprovechó la oportunidad para independizarse. El Dr. Eamonn Lavery y Anthony Johnson se unieron para supervisar la arquitectura del producto y comenzar el desarrollo de un nuevo software de simulación orientado a objetos en 3D llamado Flexim[®]. F&H Simulations, Inc. cambió

su nombre a FlexSim Software Products, Inc. FlexSim[®] 1.0 se lanzó en febrero de 2003, con un motor de simulación de última generación, un entorno de modelado en 3D y una integración perfecta con C++, todas ellas novedades en simulación de eventos discretos.

En los años transcurridos desde entonces, FlexSim[®] se ha convertido en el estándar en software de simulación de eventos discretos. Con una amplia gama de herramientas que abarcan la fabricación, el manejo de materiales, la atención médica, la logística y la cadena de suministro, FlexSim[®] es la opción preferida de un mercado global en constante cambio que necesita respuestas rápidas y precisas.

Para el caso en estudio se usó la prueba gratuita del software, la cual permite realizar modelados con un máximo de 30 objetos, además permite generar las estadísticas del modelo, para usarlas como herramienta de análisis, al ser una versión gratuita limita bastante el modelado ya que los recursos son limitados, así como las modificaciones de estos, es así como el modelo diseñado, solo es una aproximación a como se vería la línea de producción propuesta.

A continuación, se relacionan algunas imágenes relacionadas con el diseño de la línea de producción automatizada en el software flexSim para la fabricación de arepas boyacenses, cabe recalcar que esto es solo una aproximación al plano real, ya que el software no cuenta con la capacidad de representar de manera precisa la maquinaria propuesta, pero si la secuencia que seguiría el sistema productivo propuesto.

En la (figura 20) se aprecia el diseño de la línea de proceso la cual inicia con 2 etapas de recepción de materia prima, 1 etapa de mezclado del relleno, 1 etapa de amasado, estas ejecutándose de manera simultánea, 1 etapa de laminado, seguido de 1 etapa de

formado donde se fusionan la corteza con el relleno para formar la arepa, allí continua con una secuencia lineal a la etapa de asado, enfriamiento, empackado y almacenamiento, además se logran apreciar los 3 operarios propuestos y los 2 operadores de apoyo (brazo robótico y el transelevador).

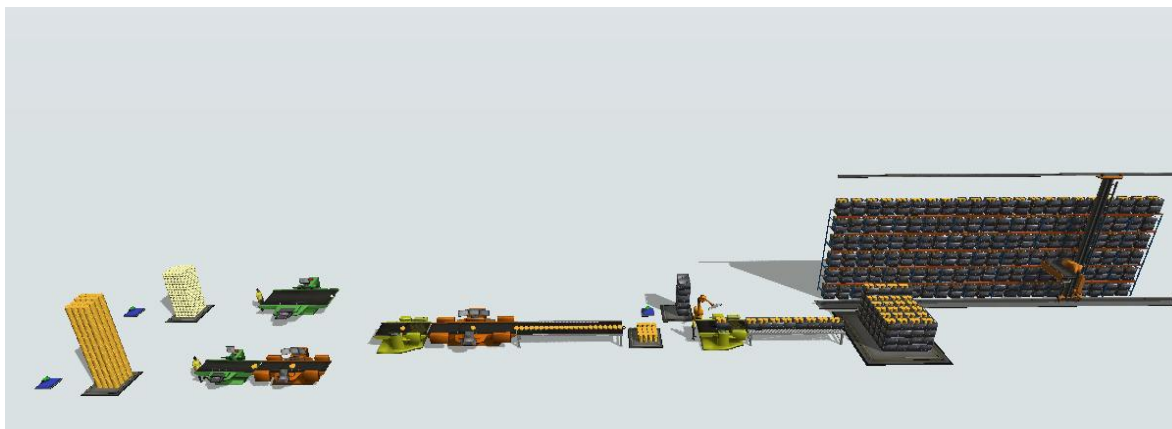
Figura 20

Diseño Línea de Producción Automatizada



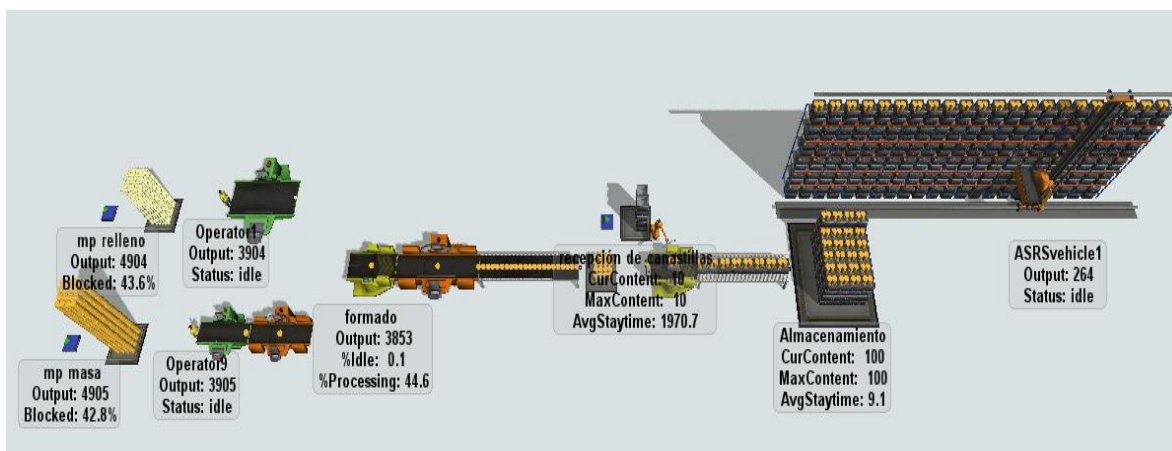
Nota. Línea de producción automatizada para la fabricación de arepas boyacenses.

En la (figura 21) se visualiza el estado del sistema luego de hacer la simulación de 8h de operación, en donde se puede ver que cada etapa del proceso estuvo operando desde el inicio hasta el final.

Figura 21*Línea de Producción en Funcionamiento*

Nota. Simulación de línea de producción en funcionamiento.

Para mas detalle en la (figura 22) se muestra el estado de la línea de producción después de 8h de operación con sus respectivas estadísticas por cada una de las operaciones del sistema, se observa el numero de salidas de producto de cada estación de trabajo, así como su porcentaje de procesamiento.

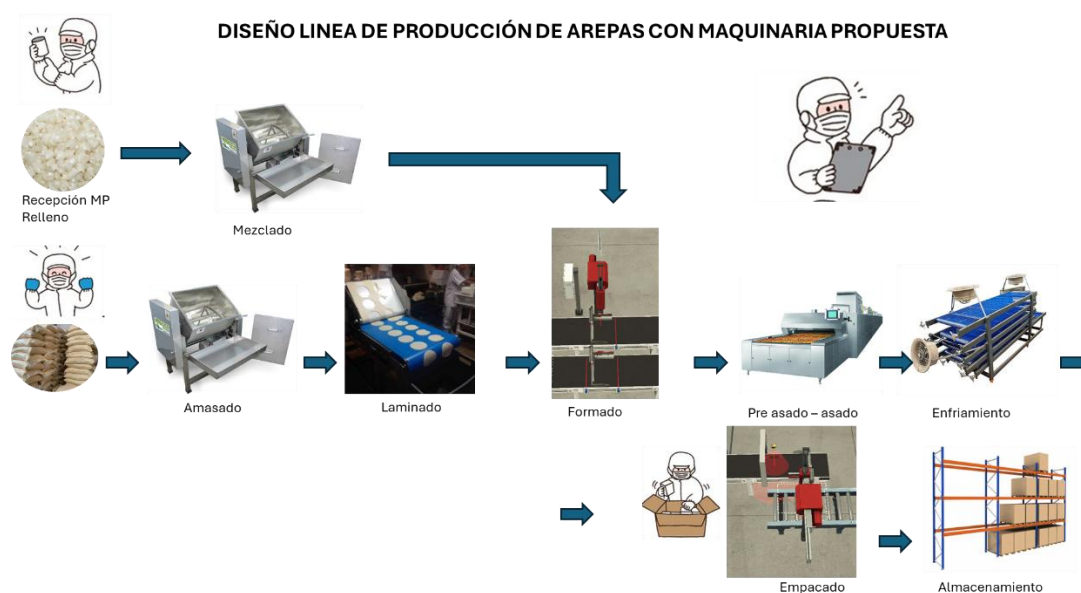
Figura 22*Línea de Producción con Estadísticas*

Nota. Línea de producción con estadísticas de cada estación de trabajo.

Para un mejor entendimiento de la línea de proceso propuesta, En la (figura 23) se logra observar, la representación visual de la línea de producción propuesta con cada una de sus etapas y la secuencia que siguen, entonces, se encuentra 1 zona de recepción de materia prima utilizada para preparar el relleno del producto, 1 zona para la recepción de la materia prima usada para preparar la masa del producto, en las cuales se encuentran 2 operarios cada uno con la función de alimentar la línea de producción según los requerimientos de cada proceso, además, se encuentra 1 zona de mezclado, 1 zona de amasado, 1 zona de laminado, 1 zona de formado, 1 zona de pre - asado y asado, una zona de enfriamiento, 1 zona de empaclado apoyada por un operario y por ultimo una zona de almacenamiento, a su vez es necesario la presencia de un supervisor, quien supervise todas las operaciones de la zona de producción.

Figura 23

Boceto Línea de Producción con la Maquinaria Propuesta



Nota. Boceto línea de producción automatizada con la maquinaria propuesta.

Cabe resaltar que esta línea tiene como fin tener un flujo continuo de operación, a fin de optimizar los tiempos de producción, mejorar la calidad de los productos y por supuesto mejorar la calidad de trabajo de los operarios.

Análisis de Resultados

Después de realizada una revisión bibliográfica sobre los antecedentes históricos del proceso productivo de la arepa boyacenses, se obtuvo como resultado una tabla resumen la cual clasifica los sistemas productivos que han sido utilizados a lo largo del tiempo en la preparación de este producto, así mismo, se relacionan las diferentes maquinas, equipos y/o herramientas utilizados en cada uno, destacando su utilidad en el proceso en términos de calidad y eficiencia. Es así como se logró establecer que este proceso ha venido evolucionando en cuanto a técnicas y herramientas utilizadas en su producción, pasando de métodos 100% artesanales hasta procesos más semiautónomos.

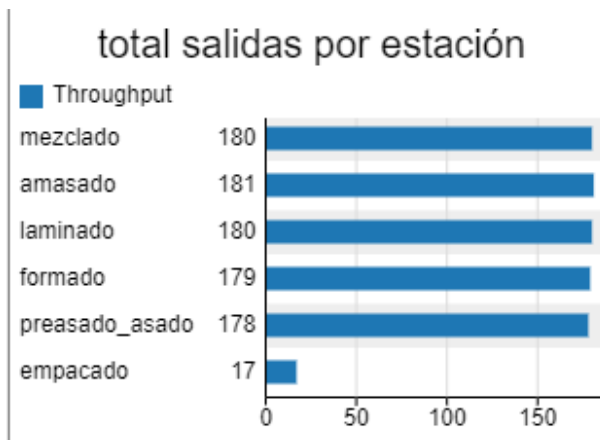
Aplicada la encuesta a la muestra seleccionada y habiendo analizado factores como tipos de sistemas, fuentes de energía, capacidad de producción, tiempos de proceso, factores humanos, nivel de eficiencia y eficacia, entre otros, se obtuvo como resultado un panorama real de la industria de la arepa, permitiendo así identificar las necesidades de automatización de la línea de proceso a fin de hacerla más eficiente y productiva.

Teniendo un panorama más claro del estado actual de la industria de la arepa en términos de producción, se realizó una revisión de información en cuanto a tendencias de automatización industrial, a fin de identificar sistemas y/o maquinaria que permitan la automatización de la línea de proceso de la arepa, información que fue recabada y plasmada en la tabla 3. (pg. 73). De esta manera fue posible determinar que dentro de la gran gama de herramientas y sistemas que ofrece la industria de la automatización, se logró adoptar algunas de bajo impacto y que se adaptan al diseño de la línea productiva de la arepa boyacense, asiéndola más amigable con los operarios, el medio ambiente y por supuesto a los objetivos de producción.

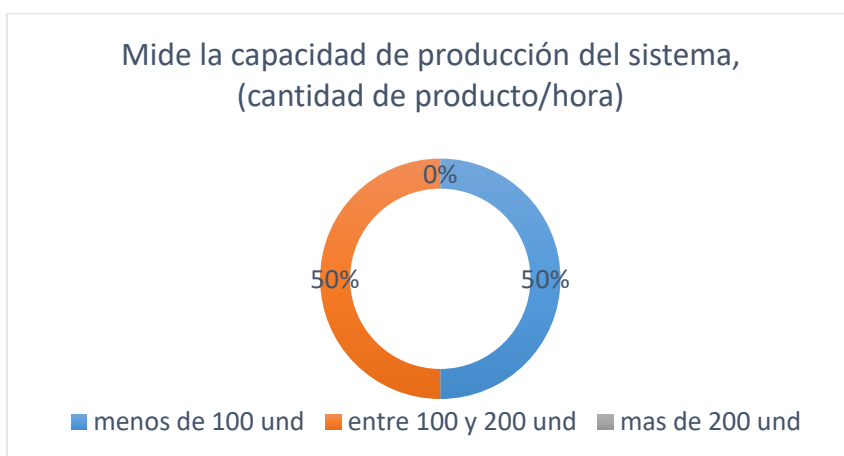
Para el diseño de la línea de producción de la arepa se adoptó un sistema de fabricación continua, teniendo en cuenta que sería una línea de fabricación de un solo producto, además que nos facilita fabricar en masa y sin interrupciones durante el proceso, por otra parte el adoptar las cintas transportadoras como conductoras del producto, nos permite tener un flujo continuo y en línea, de igual manera, los dispositivos digitales tales como los brazos robóticos y los PLC, así como los sensores nos permiten tener un mayor control y autonomía del sistema, ya que estos son programados a fin de evitar pérdidas de tiempo y evitar errores en cada etapa del proceso.

Habiendo diseñado y simulado la línea de producción automatizada para la producción de arepas boyacenses en el software flexsim, en base a la información recolectada anteriormente y generado las correspondientes figuras, se tiene la siguiente información:

Para la presente línea de producción se tuvieron en cuenta 6 de las operaciones más relevantes en el proceso de fabricación de la arepa boyacense, las cuales muestran que en promedio de cada estación están saliendo 180 und/horas producidas, en comparación con el proceso mecanizado, el cual arrojaba una producción de 100und/hora, obteniendo así un aumento de 80 unidades por hora (ver figuras 24 y 25).

Figura 24*Total Salidas por Estación*

Nota. Muestra el total de unidades que salieron por cada estación de trabajo. Eje X (Estación de trabajo) y eje Y (unidades producidas).

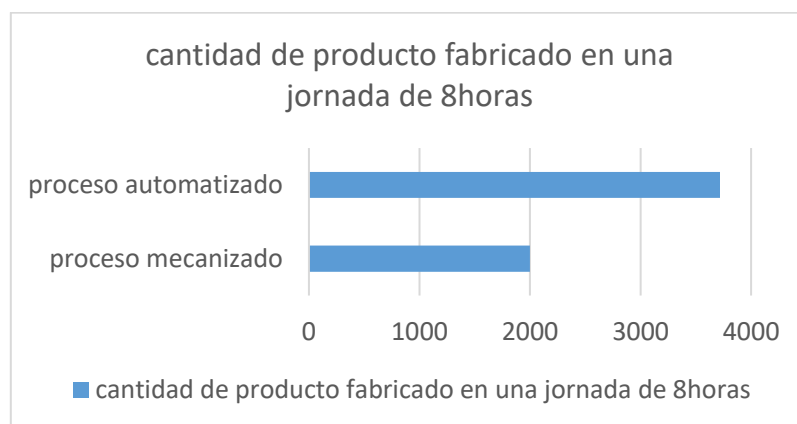
Figura 25*Cantidad de Producto/Hora Fabricada en el Sistema Mecanizado*

Nota. Representa la medida de capacidad de producción del sistema mecanizado.

De tal manera que, durante las 8 horas de trabajo analizadas, casi todas las etapas del proceso mantuvieron una relación de producción promedio que oscila entre las 170 y 180 und/hora, para un total de 3720 und empacadas, es así como se obtiene una diferencia aproximada de 1720 und más procesadas a diferencia de las 2000 und planteadas como máximo limite en el proceso mecanizado. Esto lo podemos apreciar en la siguiente (figura 26):

Figura 26

Capacidad del Sistema Automatizado vs Mecanizado



Nota. Muestra la cantidad de producto fabricado durante una jornada de 8 horas tanto en el sistema automatizado como en el sistema mecanizado. Eje X (sistema productivo) y eje Y (unidades producidas).

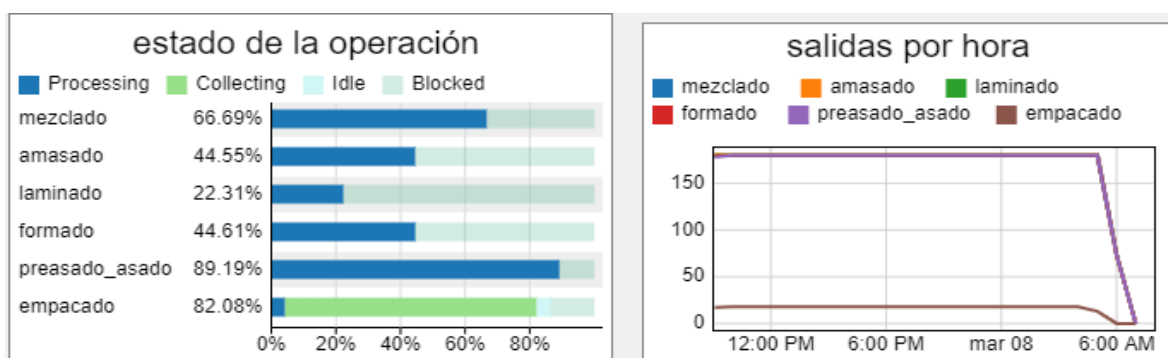
$$diferencia = 3720 - 2000 = 1720und$$

Por otra parte, como dato relevante se muestra el estado de las operaciones, el cual arroja que durante las 8 horas de proceso la etapa más productiva fue el pre- asado y asado con una participación del 89%, seguido de la etapa de mezclado y amasado, con el 67% y 44% respectivamente, según las imágenes se puede apreciar que la etapa de empacado es la

que menos muestra estado de procesamiento, esto debido a que su única función es empaacar 10 unidades de producto por caja, es decir, que la gráfica muestra el número de cajas que salieron de dicha etapa del proceso (ver figura 27).

Figura 27

Estado de las Operaciones en el Sistema Automatizado

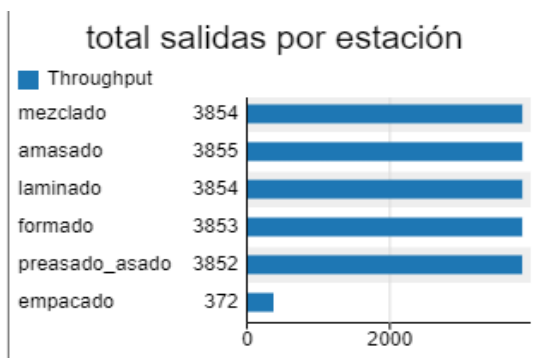


Nota. Muestra el estado de procesamiento de las operaciones en el sistema automatizado

Como se puede observar en las gráficas el sistema automatizado tiene una tendencia muy uniforme de producción, ya que el producto pasa por cada una de las etapas de manera continua, es decir, sin estancamientos teniendo en cuenta que al estar coordinadas y programadas cada una de las etapas de acuerdo a los requerimientos del producto se logra mantener un flujo continuo de producción, evitando retrasos, cuellos de botella, tiempos muertos, entre otros factores que hacen que la producción pueda variar (ver figura 28).

Figura 28

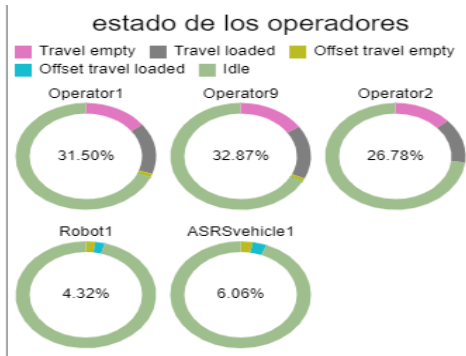
Total Salidas por Estación Sistema Automatizado



Nota. Representa el total de unidades producidas por cada estación de trabajo en el sistema automatizado.

La etapa de pre - asado y asado es considerada la que mayor esfuerzo humano tiene en el sistema tradicional y/o mecanizado según datos de la encuesta, en la línea diseñada esta etapa es totalmente autónoma, la cual estará programada en tiempo y temperatura, bastará con una supervisión visual para cumplir su función.

En cuanto al estado de los operadores es posible observar que su participación en el sistema es mínima al igual que su esfuerzo, el cual no supera el 33% de productividad, como mínimo podemos contar con 3 operarios los cuales se encargan de alimentar y supervisar la operación del sistema, en la cual el operario encargado de la etapa de empacado tendrá el mayor esfuerzo, este estará apoyado de un robot con una participación mínima del 4.32% así como la etapa de almacenamiento la cual será realizada por un vehículo transelevador, esto muestra que se está cumpliendo uno de los objetivos del sistema, el cual consistía en reducir el esfuerzo humano y diseñar una línea más independiente (ver figura 29).

Figura 29*Estado de los Operadores Sistema Automatizado*

Nota. Se presenta el estado de productividad de cada uno de los operadores en el sistema automatizado.

Como conclusión se puede inferir que la línea diseñada tiende a ser mucho más productiva, que la línea analizada en las microempresas en estudio, ya que en el mismo tiempo de producción (8h), esta tiene un aumento aproximado del 86% en cuanto a unidades producidas con el menor esfuerzo humano, además que los riesgos para el operario al igual que para el medio ambiente se reducen considerablemente, ya que todo el sistema opera con energía eléctrica.

Conclusiones

la industria manufacturera a través del tiempo ha traído consigo grandes cambios en pro de mejorar considerablemente los procesos, esto a fin de ofrecer al mercado productos de calidad y altamente competitivos, es así como la industria tecnológica ha hecho parte del cambio y del avance de los diferentes sectores que ofrecen productos y servicios al mercado, permitiendo la implementación de herramientas tecnificadas (equipos y maquinaria), sistemas de automatización (software, hardware), sensores y actuadores que permiten optimizar las líneas de proceso y por ende mejorar la eficiencia y eficacia de los sistemas productivos.

Con el desarrollo del presente proyecto, se logró diseñar una línea de producción óptima para la producción de arepas boyacenses, la cual está compuesta por las etapas más relevantes que engloban el proceso tradicional y mecanizado, pero con una distribución en planta y la adaptación de maquinaria, sensores y actuadores acordes a las necesidades del proceso, fue posible validar que si es posible automatizar este tipo de procesos, haciéndolos más productivos en tiempo, cantidad y calidad, y no menos importante más amigables con el factor humano y el medio ambiente llevándolo a un plano más industrial y autónomo.

Software como flexsim son una gran herramienta de simulación que ofrece las nuevas tecnologías, para permitirle a la industria diseñar mejoras a sus instalaciones en planta y poder validar su viabilidad antes de ser llevados a un plano real, aunque tiene sus limitantes vale la pena utilizarlos en este tipo de proyectos.

Recomendaciones

En base al estudio realizado se recomienda a las microempresas en estudio al igual que a todas aquellas que desempeñen una actividad manufacturera, implementar sistemas tecnológicos dentro de sus procesos, ya sea de manera progresiva o parcial, ya que traen consigo grandes beneficios tanto económicos como sociales y ambientales, y se verán reflejados en un corto tiempo en el rendimiento y productividad de la empresa.

Si bien cierto que los avances tecnológicos traen consigo grandes cambios, la mayoría diseñados para mejorar los procesos, es recomendable hacer un estudio previo de manera minucioso de las necesidades reales de cada proceso productivo, a fin de adoptar la mejor alternativa de optimización que ofrece el mercado tecnológico tanto en software como en hardware, así como en maquinaria apta su implementación, y así evitar incurrir en gastos innecesarios y o sistemas fallidos.

Para el desarrollo de este tipo de proyectos de diseño se recomienda tener en cuenta estudios de tiempo, si se precisa determinar con exactitud qué tan eficiente es el sistema productivo diseñado, así mismo es importante contar con un software de simulación que permita hacer este tipo de análisis y más aun si se pretende llevar a un plano real la propuesta.

Abreviaturas

PLC: Controlador Lógico Programable, o (Programmable Logic Controller, debido a sus siglas en inglés).

JIRA: Asociación Japonesa de Robótica Industrial o (Japanese Industrial Robot Association en inglés).

RIA: Asociación Norteamericana de Industrias de Robótica o ((Robotics Industries Association en inglés).

CNC: control numérico por computadora.

AMH: sistemas automatizados de manejo de materiales.

FMS: sistema de manufactura flexible o (flexible manufacturing system en inglés).

FMM: modelos de fabricación flexible o (flexible manufacturing modules).

MHCN: Máquina - herramienta con control numérico.

FMC: célula de fabricación flexible o (flexible manufacturing cell en inglés).

CN: control numérico.

AGV: vehículo de guiado automático o (Automated Guided Vehicle en inglés).

GPS: sistema de posicionamiento global.

DNC: Control numérico directo o (Direct Numerical Control en inglés).

Referencias bibliográficas

- Agudelo, J; Ospina, M; Caicedo, S; Restrepo, M (23/03/2011). *Consumo y mercadeo*. Blogger.
- Aguirre, Víctor (2015). *Sistema de automatización con el uso de PLC y microcontroladores para la eficiencia de la producción de pastas cortas (fideo sopa) en la empresa Ricca pasta* [Tesis de tipo de grado, Universidad de Guayaquil – facultada de ingeniería industrial]. repositorio.ug.edu.ec.
<https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f5e4722b-36dd-471d-aa94-844a19371b94/content>
- Agrega.educacion.es (s.f). *Fuentes de energía*. Recuperado el 10 de octubre del 2022.
- Albatechma. (2022, 6 de febrero). Sensores, aliados indispensables de la automatización. *Linkedin*. <https://es.linkedin.com>
- Audisio, F (2021, 5 de noviembre). *Los beneficios de una línea de producción automatizada*. Boreal 4.0.
- Baracaldo, L & Ávila, J (2017). Estudio de mercado. Fundación universitaria San Mateo- Negocios Internacionales.
- Brunete, A; San Segundo & Herrero, R (2024). *Introducción a la automatización industrial*. Bookdown. Bookdown.org
- Aula 21. (s.f). sensores en la automatización industrial: porque son importantes. *Centro de formación técnica para la industria*. <https://www.cursosaula21.com>
- Corona, L; Abarca, G & Mares, J (2014). *Sensores y actuadores*. Google libros.

Books.google.es

Drew (2020, 11 de agosto). *Productividad y eficiencia en la fabricación: la diferencia en 2020*.

El Espectador (2019, 5 de diciembre). *La arepa boyacense un símbolo de identidad*.

[video]. YouTube https://www.youtube.com/watch?v=BX_IPEiKr3I

Easy Español (s.f). *Historia de la arepa*. Recuperado el 15 de diciembre de 2022.

EAE Business School (2022, 27 de julio). *Retos en supply chain*. eae.es.

EDS ROBOTICS (2022, 21 de febrero). Los 12 tipos de sensores más usados: características y funciones. EDS ROBOTICS. <https://www.edsrobotics.com/>

Fernández, E; Avella, L & Fernández, M (2006). *Tema 4: tecnologías de proceso*.

Flores, J; Fierro, M; Perdomo, M (2020). *Elaboración propuesta de microempresa para la fabricación y la comercialización de arepas “La mamá de las arepas”*. [tesis de grado, Universidad cooperativa de Colombia – Facultad de ingenierías].

Fundación Descubre (s.f). *Fuentes de energía*. Recuperado el 12 de diciembre del 2022.

Galvis, Y; Sierra, F; Fuquen, Y (2018). *Plan de negocio para la adecuación e implementación de un sitio exclusivo para el consumo de arepas típicas colombianas*. [artículo académico, Universidad piloto de Colombia].

Repository.unipiloto.edu.co.

Gandhi, M (3 de octubre). Tipos de sensores para automatizar las líneas de producción.

AUTYCOM. <https://www.autycom.com>

- Gransoli (2016, 13 de noviembre). La arepa su historia y versatilidad.
- Gutiérrez, S (2015). *Definiciones de automatización*. *Blogger.com*.
- Hernández, R& Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Revista MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V. ISBN: 978-1-4562-6096-5
- Incotec internacional (2007). NTC 5372 – arepas de maíz refrigeradas, especificaciones del producto. Bogotá D.C. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
- Ley 590 de 2000, de 10 de julio, reglamentada por el decreto nacional 2473 de (2010). *Por la cual se dictan disposiciones para promover el desarrollo de las micro, pequeñas y medianas empresa*. Artículo 2.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=12672>
- Lulu (2014, 19 de octubre). Arepa Boyacense (Adaptada).
- Logicbus (s.f). *¿Qué es la automatización?* Recuperado el 10 de noviembre del 2022.
- Moreda, P. (2020). *Ingeniería de manufactura*. [manuscrito presentado para publicación].
Área departamental mecánica- cátedra proyecto integral de plantas I. Universidad Nacional de la Plata- Facultad de ingeniería.
- Molina, L; Chaparro, L; Linares, N (2019). *Plan de negocio de producción y comercialización arepas “CHAMY” en la ciudad de Villavicencio*. [tesis de grado, Universidad cooperativa de Colombia- Facultad de ciencias económicas,

administrativas y contables]. *Plan de negocio de producción y comercialización arepas “CHAMY”.pdf

Moreno, V (9 de septiembre de 2016). El burdare.

Mosquera, M (2013). *Estudio de factibilidad para la elaboración y comercialización de arepas de jamón y queso en el municipio del Santuario. [tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. Repository.unad.edu.co.*

Parra, L (2021, 13 de abril). La arepa y su historia. Blogger, Tequeños el Zuliano.

Pantoja, F (2013). *Desarrollo de un prototipo de horno con placa radiante infrarroja que aumenta la eficiencia en el proceso de asado de arepas en la ciudad de Medellín. [tesis de especialización, Instituto tecnológico metropolitano – Facultad de Ingenierías]. repositorio.itm.edu.co.*

Recetas de arepas y empanadas (s.f). *Planchas y parrillas para asar arepas*. Recuperado el 28 de septiembre del 2022.

Ruiz, B & Pineda, C (2014). *Formulación de un plan de negocio para la creación de una empresa dedicada a la fabricación de arepas de maíz blanco en la ciudad de Armenia. [tesis de grado, Universidad Tecnológica de Pereira - Facultad de ingeniería industrial]. repositorio.utp.edu.co.*

Rodríguez, H; Higueta, J; Bonilla, K (s.f). *Innovación en la industria de la arepa de maíz en Colombia.*

Rodríguez, J (2015). *Plan estratégico de mercadeo periodo 2014-2015. [tesis de especialización, Institución Universitaria Esumer -Facultad de estudios*

empresariales y de mercadeo Especialización en gerencia de mercadeo – Medellín].
Repositorio.esumer.edu.co.

Romero, P. (2018). *Montaje y mantenimiento de líneas automatizadas*. Google libros.
Books.google.es

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión
23.5 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [15-10-2022].

Saravia, A (2020, 4 de julio). Arepa: un poco de historia. *Revista Las Tertulias de Juana
Manuela* – ISSN-2718- 6601.

Silva, D (2006). *Optimización de los procesos de elaboración de arepas de la empresa
industria alimenticia “El Molino” en Bogotá*. [tesis de grado, Universidad de la
Salle – Facultad de ingeniería]. Repositorio ciencia.lasalle.edu.co

SENA (2012, 23 de octubre). *Producción industrial de arepas* [video]. YouTube.
<https://www.youtube.com/watch?v=hnGFhe4s1ZE>

Tobón, M & Idárraga, A (2014, 2 de diciembre). *Estandarización de los procesos en la
elaboración de arepas en la fábrica soy sabor*. [presentación de diapositivas].
Prezi.com. [https://prezi.com/gq7vfyjdm7fp/estandarizacion-de-los-procesos-en-la-
elaboracion-de-arepas/](https://prezi.com/gq7vfyjdm7fp/estandarizacion-de-los-procesos-en-la-elaboracion-de-arepas/)

Universidad de Santander (2021,22 de octubre). *Innovación tecnológica: que tipos existen y
cuales son sus beneficios*. becas-santander.com.

Velilla, A (2015). Arepas en laja.

Apéndices

Apéndice A

Cuestionario de Preguntas Utilizado para Realizar el Diagnostico

Link: https://forms.office.com/pages/responsepage.aspx?id=e1QA_LskT06dYXP8peud8-nYUhAylAJMpgR5woUcAplURFA4QTdOREg2M0E0RzM3TkVUV1BYVjIxWS4u&origin=1prLinkhttps%3a%2f%2fforms.office.com%2fr%2fRRLP2paHQwL%3forigin%3dlprLink

Apéndice B

Documento Excel con la Tabulación de la Información Levantada por Medio del

Cuestionario

Link:

https://1drv.ms/x/c/c21fe4d7be123c66/EThSpKYGr5BGjVaKj8TsPz8BDpGtV2CtJaEFdV_YnBRW4Q?e=ARjNhO

Apéndice C

Simulación de la Línea de Producción Automatizada para la Fabricación de Arepas

Boyacenses.

Link: <https://youtu.be/yKR4xqgkOu8>