



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

DISEÑO Y EXPERIMENTACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE LIMONES

Dante Guerrero; Alexander Flores; Oscar
Jo; Diego Lama; Gloria Luy; Jianwei Mao

Piura, 16 de noviembre de 2012

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[No Comercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura



Esta obra está bajo una [licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)
No olvide citar esta obra.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

1. Capítulo I: Aspectos Generales del Limón Sutil	5
1.1. Descripción del limón sutil	5
1.2. Origen	6
1.3. Características	6
1.3.1. Especificaciones Técnicas	6
1.3.2. El Ciclo Fenológico:	7
1.3.3. Requerimientos Climáticos	9
1.3.4. Requerimientos de Suelos y Agua:	10
1.4. Propiedades nutritivas y curativas	10
1.5. Enfermedades y Plagas	11
1.6. Producción Nacional en el Perú	13
1.6.1. Ubicación	13
1.6.2. Estacionalidad de la producción del limón en la Región de Piura	14
2. Capítulo II: Industrialización del Limón Sutil	15
2.1. Transformación de la Materia Prima en un Producto con Valor Comercial	15
2.2. Cadena Productiva del Limón Sutil	15
2.3. Empresas Peruanas que se Dedican a este Rubro	16
2.4. Oportunidad Comercial	18
3. Capítulo III: Productos Derivados del Limón Sutil	20
3.1. Aceite Esencial de Limón	20
3.1.1. Definición	20
3.1.2. Usos	21
3.1.3. Ubicación del Aceite Esencial en el Limón Sutil	21
3.1.4. Obtención	21
3.1.5. Parámetros a Analizar	25
3.1.6. Conservación y Almacenaje	29
3.2. Cáscara Deshidratada de Limón	31
3.2.1. Definición	31
3.2.2. Usos	33
3.2.3. Ubicación de la Cáscara Deshidratada en el Limón Sutil	33
3.2.4. Obtención	34
3.2.5. Parámetros a Analizar	37
3.2.6. Conservación y Almacenaje	38



3.3.	Jugo Turbio Concentrado de Limón	38
3.3.1.	Definición	38
3.3.2.	Usos	40
3.3.3.	Ubicación del Jugo Turbio Concentrado en el Limón Sutil	41
3.3.4.	Obtención	42
3.3.5.	Parámetros a Analizar	43
3.3.6.	Conservación y Almacenaje	43
4.	Capítulo IV: Experimentación y Pruebas de Laboratorio	46
4.1.	Toma de Datos	46
4.1.1.	Aceite Esencial de Limón	46
4.1.2.	Cáscara Deshidratada de Limón	55
4.1.3.	Jugo Turbio Concentrado de Limón	59
4.2.	Análisis de Resultados	64
4.2.1.	Aceite Esencial de Limón	64
4.2.2.	Cáscara Deshidratada de Limón	64
4.2.3.	Jugo Turbio Concentrado de Limón	65
5.	Capítulo V: Ingeniería del Proyecto	66
5.1.	Diseño de Planta	66
5.1.1.	Descripción de la Planta	66
5.1.2.	Ubicación y Localización de la Planta	67
5.1.3.	Distribución de las Áreas en Planta	68
5.1.4.	Requerimiento de Maquinaria	73
5.2.	Diseño del Proceso	75
5.2.1.	Proceso de Extracción del Aceite Esencial de Limón	75
5.2.2.	Proceso de Deshidratación de Cáscara de Limón	80
5.2.3.	Proceso de Obtención del Jugo Turbio Concentrado de Limón	86
6.	Capítulo VI: Costos y Finanzas	91
6.1.	Estructura de Costos	91
6.1.1.	Costos de Maquinaria	91
6.2.	Financiación	92
6.2.1.	Necesidad de Capital	92
6.2.2.	Fuentes de Financiación	92
6.2.3.	Características y Condiciones de Financiamiento	94
	CONCLUSIONES	95

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto consiste en el diseño y experimentación de la línea de producción de una Planta Procesadora de Limón Sutil en Cieneguillo, Sullana - Piura, la cual se concentrará en procesar el limón en tres productos bandera: Aceite Esencial de Limón, Cáscara Deshidratada de Limón y Jugo Turbio Concentrado de Limón.

El desarrollo del proyecto se realiza bajo las metodologías del PMI y el IPMA desarrolladas en clase y también sobre las competencias directivas. Este proyecto contó con un director de proyecto que se encargó de gestionarlo para lograr el éxito del mismo, aplicando sus habilidades de comunicación y dirección de proyectos. También se contó con un responsable en la ingeniería de proyecto para poder diseñar la planta y las líneas de producción de cada proceso. Una encargada de calidad que se encargó de revisar todos los documentos antes de la entrega y garantizar la integridad del trabajo. Un responsable de logística que coordinó las reuniones de grupo y visitas técnicas, además conseguir una lista de materiales para realizar las reuniones, como imprimir los documentos necesarios para el proyecto. Un responsable de experimentación que se encargó de elaborar una lista de materiales a utilizar y los procedimientos necesarios de la experimentación de cada uno de los tres productos banderas. Por último un responsable de costos y financiación que se encargó de elaborar estructura de costos para la realización del proyecto, así como los costos de implementación de la línea de producción y la financiación de la misma, con este equipo de proyecto es con quien se llegará al éxito del proyecto. No solo el equipo de proyecto interviene en la realización del proyecto, sino también el Sponsor, el monitor, así como el juicio de expertos.

Una parte principal del proyecto son las visitas técnicas que brindan una mayor perspectiva de lo que realizan este tipo de empresas, por medio de estas visitas se a logrado sintetizar los conocimientos adquiridos mediante la investigación, consolidándolos también en la práctica mediante la experimentación.

Dada la naturaleza del Proyecto y según los análisis factibilidad, se puede decir que este tipo de plantas procesadoras de limón son muy rentables y tienen un amplio campo de demanda, no solo a nivel nacional sino también a nivel internacional, siendo los países extranjeros los mayores compradores de los productos derivados de limón, procesándolos para su disposición final. La industria alimentaria es la principal beneficiada y en segundo lugar la industria de cosméticos con este tipo de proyectos.

Con este trabajo se pretende mostrar el amplio campo de producción que tiene el limón, que es una fruta que se cultiva a gran escala en esta zona norte del Perú y además las ventajas que tiene el desarrollo de la producción de Aceite Esencial de Limón, Cáscara Deshidratada de Limón y Jugo Turbio Concentrado de Limón.

1. Capítulo I: Aspectos Generales del Limón Sutil

1.1. Descripción del limón sutil

También llamada lima ácida, lima gallega, limón ceutí, limón mexicano, limón peruano, limón criollo o limón de pica. Su nombre científico es *Citrus Aurantifolia* Swingle.

El limón está compuesto de 3 partes, el flavedo o exocarpio, albedo o mesocarpio y endocarpio:

- ❖ El flavedo es una capa delgada que posee los pigmentos que cambian de color durante la maduración de verde a amarillo, de gran aroma debido a los compuestos terpénicos¹ que componen los aceites esenciales que allí se encuentran.
- ❖ El albedo es la parte blanca que contiene pectinas² que le confieren firmeza a la corteza. A medida que el fruto va madurando el albedo tiende a degradarse por acción enzimática, debido a esto cosechan los cítricos en estado inmaduro (verde) para obtener el mayor rendimiento y calidad de pectina.
- ❖ El endocarpio está formado por la pulpa que contiene las vesículas con el jugo. El endocarpio se encuentra dividido por el séptum³ formando de 10-14 gajos en ellos se encuentran las semillas, 10 aproximadamente por limón ubicadas alrededor del eje central (Grunauer Espinoza, 2009). (Ver figura Nº 1)



FIGURA Nº 1: PARTES DEL LIMÓN: CITRUS AURANTIFOLIA SWINGLE
FUENTE: (Grunauer Espinoza, 2009)

¹ Se denominan así a cada uno de los hidrocarburos saturados o insaturados que se hallan muy difundidos en los reinos animal y vegetal. Los terpenos de bajo peso molecular se encuentran sobre todo como componentes de los aceites esenciales, los que se obtienen de las flores, hojas o frutos, mediante destilación con vapor de agua.

² Las pectinas son un tipo de heteropolisacáridos. Una mezcla de polímeros ácidos y neutros muy ramificados. En presencia de agua forman geles. Determinan la porosidad de la pared, y por tanto el grado de disponibilidad de los sustratos de las enzimas implicadas en las modificaciones de la misma.

³ Es una partición divisoria entre dos tejidos o cavidades en un fruto.

1.2. Origen

El origen histórico del cítrico se encuentra hace unos veinte millones de años, en la era terciaria⁴, pero aquellas variedades, poco se parecen a las actuales naranjas dulces.

Los cítricos se cultivan desde hace más de 4 000 años. Sus frutos al parecer atrajeron la atención de los pobladores primitivos, quienes se encargaron de cultivarlos mucho tiempo antes de que aparecieran en los países europeos a donde fueron llevados por los primeros viajeros gracias a la cautivante apariencia de su fruta y sus flores.

Las numerosas especies del género *Citrus* provienen de las zonas tropicales y subtropicales de Asia y del archipiélago Malayo. El área comúnmente asociada a su origen se encuentra ubicada en el sudeste de Asia, incluyendo el este de Arabia, este de Filipinas y desde el Himalaya al sur hasta Indonesia (Puente Huera, Determinación de las características físicas y químicas del limón sutil *Citrus auranifolia* Swingle, 2006). (Ver Figura Nº 2).

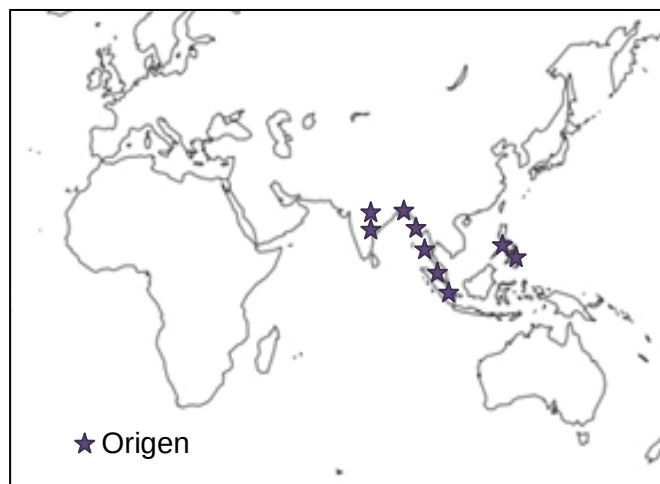


FIGURA Nº 2: ORIGEN DE LOS CÍTRICOS
ELABORADO POR: EQUIPO DE PROYECTO "GREEN LEMON"

1.3. Características

1.3.1. Especificaciones Técnicas

El limón sutil presenta las siguientes especificaciones técnicas:

Características	Descripción
Reino	Vegetal
Clase	Angiospermae
Orden	Rutae
Familia	Rutaceae
Género	Citrus

⁴ La Era Cenozoica, Cenozoico o Era Terciaria, una división de la escala temporal geológica, es la era geológica que se inició hace unos 65,5 ± 0,3 millones de años y que se extiende hasta la actualidad.

Subgénero	Eucitrus
Especie	Citrus aurantifolia Swingle
Periodo Vegetativo	A los 5 años del injerto se obtiene la primera cosecha

CUADRO Nº 1: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL LIMÓN
FUENTE: (Puenta Huera, 2006)

1.3.2. El Ciclo Fenológico:

La fenología⁵ tiene como objetivo estudiar y describir de manera integral los diferentes eventos fenológicos que se dan en las especies vegetales dentro de ecosistemas naturales o agrícolas en su interacción con el medio ambiente.

Por lo tanto, la información del ciclo fenológico, permite a los productores agrarios obtengan una mayor eficiencia en la planificación y programación de las diferentes actividades agrícolas para incrementar la productividad y producción de los cultivos. El ciclo fenológico del limón sutil es el siguiente (SENAMHI) y (MINAG, Condiciones Agroclimáticas de cultivo limonero):

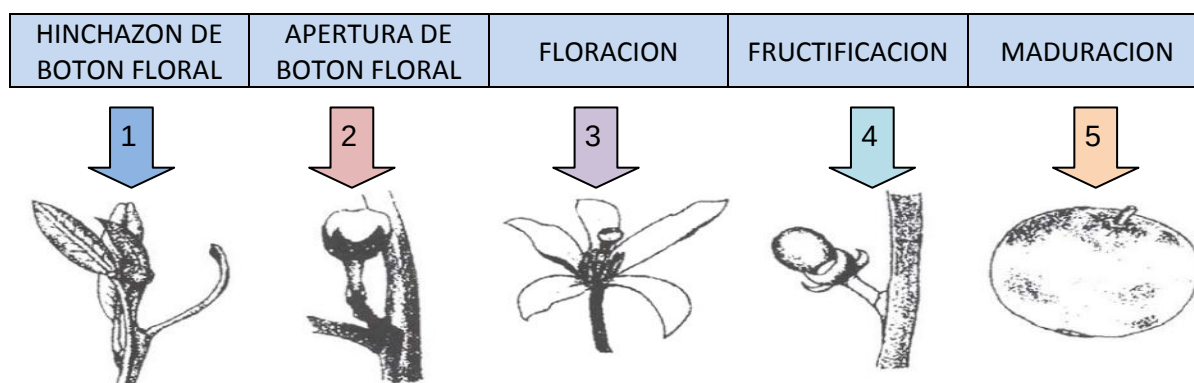
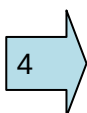


FIGURA Nº 3: CICLO FENOLÓGICO DEL LIMÓN
FUENTE: (MINAG, Condiciones Agroclimáticas de cultivo limonero).

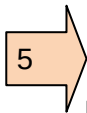
- 1 **HINCHAZON DE BOTÓN FLORAL:**
Los botones comienzan a agrandarse y las hojuelas que lo cubren empiezan a separarse ligeramente.
- 2 **APERTURA DE BOTÓN FLORAL:**
Debido a la hinchazón y aumento de tamaño, las hojuelas que cubren los botones se separan.
- 3 **FLORACIÓN:**
Los botones florales se abren plenamente.

⁵ La fenología es la ciencia que estudia la relación entre los factores climáticos y los ciclos de los seres vivos.



FRUCTIFICACIÓN:

Los frutos alcanzan un tamaño cercano a los dos centímetros.



MADURACIÓN:

Los frutos alcanzan el tamaño, color y sabor típico de su variedad. El fruto se torna de verde a un color amarillento anaranjado, dependiendo de la variedad.

1.3.3. Requerimientos Climáticos

Los requerimientos climáticos del limón sutil de acuerdo a los estados fenológicos se muestran en el siguiente cuadro:

Meses		Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Estado Fenológicos	Ciclo Vegetativo	CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE HOJAS, TALLOS Y RAÍCES											
	Ciclo Reproductivo			Hinchazón Boton		Apertura de Boton Floral	Floración	Fructificación		Maduración		Cosecha Comercial	
Temperatura Óptima (°C)		23 - 30		23 - 30		23 - 30		23 - 30		23 - 30		23 - 30	
Temperatura Crítica (°C)		< 13 a 35 >		< 13 a 35 >		< 13 a 35 >		< 13 a 35 >		< 13 a 35 >		< 13 a 35 >	
Humedad Óptima (%)		65 - 70		65 - 70		65 - 70		65 - 70		65 - 70		65 - 70	
Déficit Hídrico		Tolerante		Sensible		Sensible		Sensible		Sensible		Tolerante	
Periodo Vegetativo		61		122		183		244		306		365	
Periodo por fases (días)		61		61		61		61		62		59	

CUADRO Nº2: ESTADO FENOLÓGICO Y REQUERIMIENTO DE CLIMA DEL LIMÓN

FUENTE: (MINAG, Condiciones agroclimáticas de cultivo de limón)

Como se puede observar las temperaturas óptimas en general están comprendidas entre 23°C y 30 °C. Asimismo la temperatura crítica inferior en general es de 13 °C y la temperatura crítica superior es de 35 °C; las cuales de no cumplirse, tendrá un efecto muy importante en la calidad de las frutas. La humedad excesiva es causa de enfermedades y con frecuencia de la muerte de la planta.

1.3.4. Requerimientos de Suelos y Agua:

Para los cítricos, el suelo debe ser de naturaleza franca y con buen drenaje; que además comprenda al subsuelo. Así para un correcto desarrollo de las raíces, los suelos deben tener al menos 1 m de profundidad.

Dentro de un rango de pH que va desde 5 a 8,5; las condiciones de suelo más adecuadas para el cultivo son aquellos con pH entre 6 y 7. Cuando la reacción del suelo sobrepasa el pH 8,5; mayor será la presencia de sales de sodio, tóxicas para los cítricos.

Además la acidez o alcalinidad del agua de riego (pH), es una limitante especialmente en el fertirriego, ya que hay peligro que se presenten precipitados de calcio y magnesio o de contribuir a que se incremente el pH del suelo a niveles en que los nutrientes no puedan aprovecharse, este peligro se presenta con pH mayores que 8.0 (MINAG, Condiciones Agroclimáticas del Cultivo Limonero).

1.4. Propiedades nutritivas y curativas

El Limón ocupa un primer lugar dentro de los frutos curativos, preventivos y de aporte vitamínico, por ser un gran eliminador de toxinas y poderoso bactericida. Algunas de sus propiedades nutritivas se listan a continuación:

- Debido a la vitamina C presente en abundancia, se refuerza las defensas del organismo para evitar enfermedades, sobre todo de las vías respiratorias que van desde un simple catarro, ronquera, amigdalitis, hasta pulmonías, bronquitis, congestiones, gripe, pleuresías, asma etc. Además la vitamina C posee gran poder desinfectante así como una acción antitóxica frente a los venenos microbianos y medicamentosos.
- Junto a la vitamina C se encuentra la vitamina P que ayuda a tonificar los capilares y vasos sanguíneos.
- Ayuda a cicatrizar heridas de todo tipo, aplicándolo interior y exteriormente. El limón es muy rico en minerales entre los que se destacan potasio, magnesio, calcio y fósforo (contiene también sodio, hierro y flúor).
- Cuenta con algunas vitaminas del complejo B (B1, B2, B3, B5, B6, PP).
- Es bueno en casos de hipertensión, arteriosclerosis y enfermedades cardiovasculares (activando la circulación de la sangre), en casos de diabetes colabora en evitar complicaciones relacionadas con las arterias. Previene la formación de cálculos renales y puede llegar a disolverlos lentamente. (MINAG, Condiciones Agroclimáticas del Cultivo Limonero).

El siguiente cuadro muestra los valores nutritivos del limón, en una muestra de 100 gr (AMPEX, Perfil de Mercado de Limón, 2008):

Valores Nutritivos del Limón (100 gr)	
Calorías	6 gr
Carbohidratos	0,6 gr
Potasio	96 mg
Sodio	1 mg
Vitamina A	< 2 gr
Vitamina C	34 mg
Acido fólico	6 mg
Calcio	2 %
Hierro	2 %

CUADRO Nº 3: VALOR NUTRITIVO DEL LIMÓN
FUENTE: AMPEX

1.5. Enfermedades y Plagas

Enfermedades:

Las enfermedades más comunes en el limón y sus síntomas para su efectiva detención se muestran en el siguiente cuadro Nº 4 (AMPEX, Perfil de Mercado del Limón, 2008)

ENFERMEDAD	SÍNTOMAS
Gomosis (Phytophthora parasítica)	Aparecen pequeñas áreas con apariencia húmeda en cualquier punto. El desarrollo del hongo produce goma de color ámbar, la que brota en las rajaduras. Cuando el tronco es anillado, se impide la traslocación de nutrientes y en ese momento muere la planta.
Fumagina (Capnodium citri)	Crece sobre la mielecilla que secreta la mosca blanca. El hongo cubre casi completamente la parte afectada de un hollín negro que dificulta la captación de la luz y por tanto la fotosíntesis.
Alternaria	Es un hongo que produce necrosis en tallos, hojas y brotes jóvenes provocando su muerte. En los frutos se manifiesta como un punteado negro sobre la corteza que puede evolucionar hacia un necrosado total del fruto.
Antracnosis (Colletotrichum acutatum)	Esta enfermedad disminuye la producción de frutos debido a que ataca a los terminales de gajos causando su marchitez y quemando las flores. Las ramitas jóvenes pueden morir y los frutos pequeños pueden caerse o desarrollar lesiones necróticas.
Phytophthora sp	Son varias especies de hongos que atacan los frutos que están en contacto con el suelo. Además, provocan pudriciones del tronco y la raíz.
Nemátodos	Provoca una reducción en el número y tamaño de los frutos. Se deben aplicar nematicidas.
La mancha grasienta	Los síntomas incluyen el desarrollo de pequeñas ampollas irregulares y grasientas en el envés de las hojas y manchas amarillentas o claras en el haz, que se alinean con las manchas en el envés. Los brotes futuros pueden prevenirse con aspersiones de benomyl o cobre.
Virus de la tristeza de los cítricos	Es una enfermedad mortal que tiene muchos síntomas. Su diagnóstico debe realizarse a nivel de laboratorio. Las hojas adquieren un color amarillo, mueren y se caen. El control es casi imposible por lo que

recomienda injertar sobre patrones resistentes a esta enfermedad.

CUADRO Nº 4: ENFERMEDADES DEL LIMÓN

FUENTE: AMPEX

Plagas

Las principales plagas que causan daño al cultivo, se muestran en el siguiente cuadro Nº 5.

PLAGA	DAÑO	CONTROL
Mosca blanca (Alerothricus floccosus Mask)	Esta especie pertenece a los Homopteros, estos insectos absorben la savia de las hojas y segregan grandes cantidades de mielecilla en las que crece el hongo llamado Fumagina.	La mosca blanca es combatida por medio de aspersiones con aceite agrícola + insecticida al 0.05%. Lorsban al 0.01%, Roxión al 0.1%, Basudín al 0.1%. También es combatida con control biológico, con la avispa Cales noacki que ataca a la mosca en sus primeros estados larvarios.
Escama Harinosa (Unaspis citri Comst)	Esta escama recibe su nombre por el color blanco que presentan las ramas y los troncos en los árboles intensamente infestados, dando la apariencia de estar cubiertos de nieve. Este color es de la escama macho, mientras que la hembra es castaño oscuro. Cuando la infestación es fuerte pueden causar la muerte de los árboles.	El control se lo realiza con insecticidas como Roxión al 0.1%, Supracid al 0.15%, Malathion al 0.25% + aceite agrícola al 0.5%.
Goma de los citrus (Lepidosaphes beckii Necoman)	Esta plaga ataca a las hojas, ramas y frutos, las hojas que son gravemente infestadas se amarillan y se desprenden del árbol; los brotes mueren a causa de la defoliación; los frutos infestados se deforman y pueden también caer.	Esta escama se combate con emulsión oleosa o insecticidas fosforados como Malathion al 0.24%, Supracid al 0.15%.
Escama algodonosa (Icerya puchqi Mask)	Ataca a la corteza, brotes, ramas y troncos; tiene la forma de escama, es un óvalo ensanchado que está cubierto por secreciones cerosas, la hembra se diferencia por su saco voluminoso y huevecillos.	El control más efectivo ha sido el biológico con una mariquita de la especie Rodolia cardinalis. También se puede controlar con insecticidas como Supracid al 0.15%, Roxión al 0.1% + aceite agrícola.
Acaro de los cítricos (Phyllocoptruta oleivora Ashmead)	Las hojas y los frutos infestados adquieren un color gris a causa de la succión de la savia que realiza para su alimentación.	Esta plaga puede combatirse con productos a base de azufre kumulus o Tiovit al 0.15%, o acaricidas como Omite al 0.15%.

CUADRO Nº 5: PLAGAS DEL LIMÓN

FUENTE: (Puente Huera, Determinación de las Características Físicas y Químicas del Limón Sutil, 2006)

1.6. Producción Nacional en el Perú

1.6.1. Ubicación

Según el Compendio Estadístico Nacional 2008 (INEI, Compendio Estadístico Nacional 2008, 2008), del Instituto Nacional de Estadística e Informática; la producción nacional de limón en el Perú se muestra en el siguiente gráfico N°1:

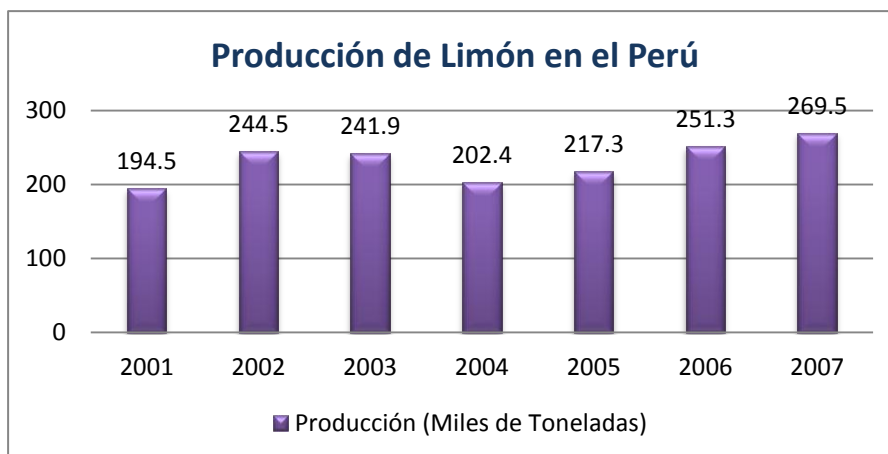


GRÁFICO N° 1: PRODUCCIÓN DE LIMÓN EN EL PERÚ
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"
FUENTE: INEI

Como se puede observar en el gráfico N°1, el menor año de producción se obtuvo en el 2001 con 194,5 miles de toneladas, luego de un crecimiento hasta el año 2002 y un ligero descenso en el 2003, además se obtuvo un descenso del 16% al 2004 respecto al 2003; posteriormente hubo un crecimiento promedio de 10,05% hasta el 2007, logrando el máximo valor de producción en el último año con 269,5 miles de toneladas de limón.

Según del Compendio Estadístico Departamental Piura 2011 (INEI, Compendio Estadístico Departamental de Piura, 2011) se muestra en el gráfico N° 2 la producción anual de limón en los últimos 10 años en la región de Piura.

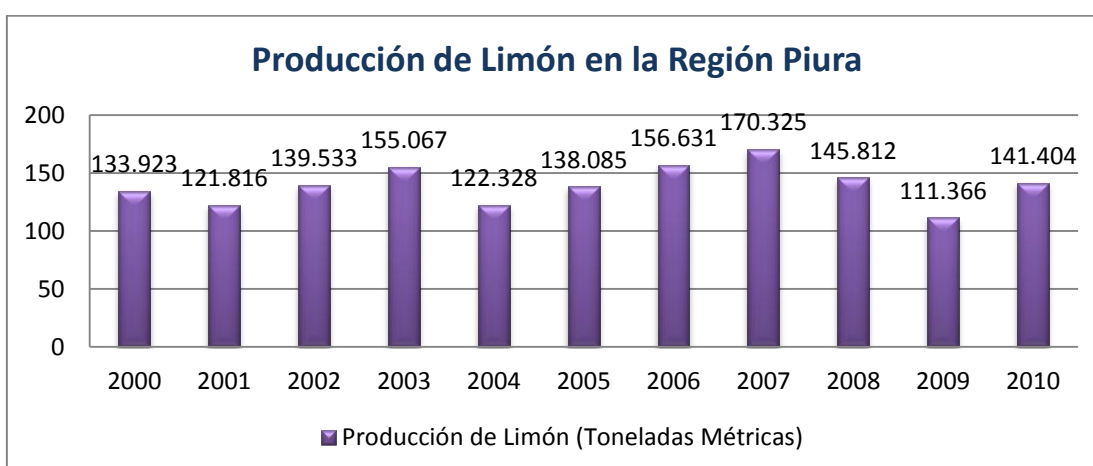


GRÁFICO N° 2: PRODUCCIÓN DE LIMÓN EN PIURA
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"
FUENTE: INEI

Como se observa en el gráfico N°2, el año con menor producción fue el 2001 con 121,816 toneladas métricas; asimismo el año con mayor producción fue el 2007 con 170,325 toneladas métricas.

En el año 2010 (INEI, Compendio Estadístico Departamental de Piura, 2011), para el total de 141,404 toneladas métricas, la distribución de la producción de limón según centros de desarrollo rural se muestra en el gráfico N° 3:

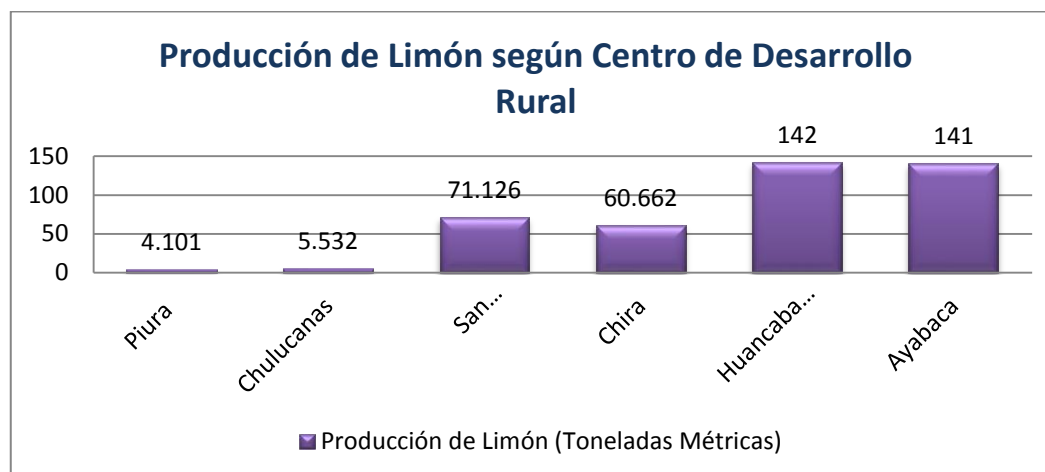


GRÁFICO N°3: PRODUCCIÓN DE LIMON SEGÚN DESARROLLO RURAL

ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

FUENTE: INEI

Como se puede observar en el gráfico N°3, el centro de desarrollo rural con más producción en la región Piura es Huancabamba con 142 toneladas métricas, muy similar a Ayabaca con solo una diferencia de 1 tonelada métrica entre ambas. Además el centro con menor participación es Piura con una producción de 4,101 toneladas métricas.

1.6.2. Estacionalidad de la producción del limón en la Región de Piura

En la región de Piura, la etapa de mayor producción se encuentra entre los meses de noviembre y febrero; la etapa de producción intermedia son los meses de octubre, marzo y abril; y la etapa de menor producción son entre los meses de mayo a septiembre. (Ver gráfico N° 4)

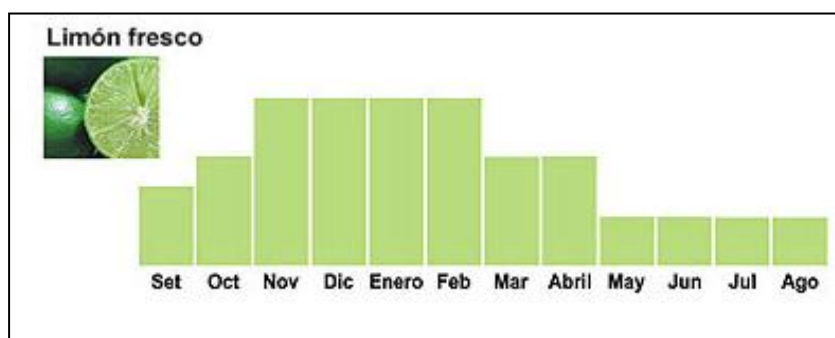


GRÁFICO N° 4: ESTACIONALIDAD DEL LIMÓN

FUENTE: (LimonesPiuranosS.A.)

2. Capítulo II: Industrialización del Limón Sutil

2.1. Transformación de la Materia Prima en un Producto con Valor Comercial

La transformación de este producto es muy importante, porque como se observa en gráfico 2 y el cuadro 7, sólo se exporta una parte de la producción de limón, porque no toda la producción cumple con los estándares de calidad para la exportación. Esta diferencia genera un sobrante de producción, permitiendo así el procesamiento de este limón para la obtención del aceite esencial de limón, jugo turbio concentrado y cáscara deshidratada. Con el procesamiento se pueden optimizar las ganancias generando productos que sirvan de insumos para otros productos como por ejemplo; el aceite esencial de limón se utiliza en la industria farmacéutica, el jugo turbio concentrado para la fabricación de bebidas y la cáscara deshidratada para la fabricación de ambientadores.

Los productos son comercializados tanto en el mercado nacional como internacional para las aplicaciones ya descritas anteriormente.

La transformación es una ventaja competitiva para los costos; con la venta del limón se recupera lo invertido en la compra de la materia prima, lo que quiere decir que la venta del jugo turbio concentrado y la cáscara deshidratada suma directamente al margen generado.

2.2. Cadena Productiva del Limón Sutil

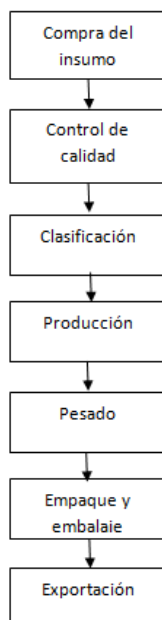


Gráfico N° 5: Cadena Productiva del Limón
ELABORADO POR: Grupo de Proyectos “GreenLemon”

- 1) La compra del insumo: consiste en la relación existente entre el productor de limón y la empresa procesadora de limón, generalmente se compra la materia prima por toneladas.
- 2) El control de calidad: es realizado para definir los limones o lotes que se usarán tanto para la fabricación del aceite esencial de limón, la cáscara deshidratada de limón y el jugo concentrado de limón.
- 3) La clasificación: se realiza para separar el limón por tamaños, una parte es para satisfacer demanda internacional, exportación, y la otra parte para consumo nacional.
- 4) La producción: la producción se divide en tres procesos para la obtención de tres productos finales distintos; aceite esencial de limón, cáscara deshidratada y jugo turbio de limón. La obtención del aceite de limón comienza con la recepción de la materia prima, la materia prima es sometido a un proceso de triturado, de este proceso se obtienen dos productos, la cáscara; que va a un proceso de cortado, deshidratado y envasado para su posterior comercialización. El líquido obtenido del proceso de triturado contiene compuestos de jugo, aceite esencial de limón y agua; este líquido llega a un proceso de decantación para separar líquidos por diferencia de densidades que serían el aceite y el jugo, después del proceso de decantación el jugo es enviado a una torre evaporadora para separar el jugo turbio del agua.
- 5) El pesado: consiste en un simple proceso de verificar el peso de cada producto; aceite de limón, cilindro de 220 Kg, cáscara deshidratada de limón, sacos de 50 Kg; y finalmente el jugo turbio de limón, que puede ser en varias presentaciones, baldes de 5 galones, botellas de un litro, dependiendo del mercado al que va dirigido y del cliente.
- 6) El empaque y el embalaje: consiste en la correcta distribución de los productos antes de ser ingresados a la unidad en que serán transportados; el aceite se comercializa por lotes de diez cilindros correctamente palletizados; la cáscara deshidratada de limón se empaca en un saco de 50 Kg previamente comprimidos en forma rectangular para poder ser palletizados también, en un contenedor pueden entrar hasta 520 sacos de cáscara deshidratada; y el empaque del jugo turbio depende de los requerimientos del cliente.
- 7) La exportación: para la exportación de los productos es necesario cumplir una serie de requisitos tanto de producto final como de operación, como por ejemplo tamaño y peso de la fruta, forma del empaque, cantidad de productos, BPM, HACCP, etc.

2.3. Empresas Peruanas que se Dedicán a este Rubro

A continuación se presenta una lista de las principales empresas del rubro en el Perú:

- **Limones piuranos S.A.C.**

Importante empresa que se encuentra ubicada en Cieneguillo – Piura, dedicada a la producción y exportación de frutas frescas, contando adicionalmente con una planta agroindustrial de aceite esencial de limón, cáscara deshidratada de limón y jugo turbio de limón. (Limones Piuranos SAC).

Productos comercializados

Limón fresco, cáscara deshidratada de limón, aceite esencial destilado, mango Keitt, mango Ataulfo, Mango Kent, palta Haas, palta Fuerte, uva Red Globe.

- **Exportaciones Carmen Hidalgo S.A.C.**

Empresa que se encuentra ubicada en Tambogrande - Piura, dedicada a la producción y exportación de frutas frescas. (Universidad Perú)

- **AB & B Group S.A.C.**

Empresa peruana que se encuentra ubicada en Santiago de Surco – Lima, dedicada a la exportación de frutas frescas. (Datos Perú).

- **Agro exportaciones y servicios del Perú**

Empresa peruana que se encuentra ubicada en Piura, dedicada a la elaboración de frutas, legumbres y hortalizas, importación y exportación de las mismas. (Datos Perú).

- **Ramos Siancas Evelin Carolina**

Empresa peruana que se encuentra en Sullana – Piura, dedicada al servicio agrícola. (Datos Perú).

- **Agrícola Athos S.A.**

Empresa peruana que se encuentra en Ica, dedicada a la producción y exportación de frutas y verduras. (Agrícola Athos).

Productos comercializados

Espárragos, holantao, alverjas dulces, brócoli, alverjas, multipacks, maíz enano, rocotos, vainitas finas, ají amarillo, granadas, higos, chirimoyas, mangos, limones, tunas, pepino.

- **Inkafresh Perú S.A.**

Empresa peruana que se encuentra ubicada en Lima, dedicada a la cultivación de frutas. (Datos Perú).

- **Importaciones y exportaciones del Perú**

Empresa peruana que se encuentra ubicada en Piura, dedicada a la importación y exportación de productos. (Datos Perú).

La participación de cada empresa en el mercado se describe en el cuadro N° 6:

Empresa	% Participación 2011	% Variación 2010 - 2011
Limones Piuranos S.A.C.	58%	39%
Exportaciones Carmen Hidalgo S.A.C.	7%	--
AB & B Group S.A.C.	5%	-38%
Agro exportaciones y servicios del Perú	5%	-51%
Ramos Siancas Evelin Carolina	4%	68%
Agrícola Athos S.A.	3%	3%
Inkafresh Perú S.A.	3%	--
Estanis S.A.C.	3%	--
Importaciones y Exportaciones del Perú S.A.C.	2%	-2%
Otras empresas (23)	10%	--

Cuadro N° 6: Participación de las principales empresas de Limón

FUENTE: (SIICEX)

Como se muestra en el cuadro N°6, la participación más alta en el mercado nacional en el año 2011 fue de la empresa Limones Piuranos con el 58%, seguida de otras empresas del sector pero con una participación menor del 10%. Respecto a la variación entre el año 2010 y 2011, podemos observar sólo dos empresas del sector obtuvieron una variación importante y positiva como lo son la empresa Ramos Siancas Evelin Carolina y la empresa Limones Piuranos.

2.4. Oportunidad Comercial

La oportunidad comercial surge por el aumento de la demanda de cada año, según cuadro N° 7, con el crecimiento de las empresas.

En el caso del aceite de limón han aumentado tanto los proveedores como los compradores en el mercado internacional, el aceite es usado para productos cosméticos, y el precio aproximado del aceite es de \$4000 el cilindro de 180 Kg, según la entrevista con el ingeniero Jorge Gil Olivari de la empresa Limones Piuranos S.A.C.; la cáscara deshidratada de limón es comprada por clientes internacionales y se usa para la elaboración de aromatizantes. En el caso del jugo del limón hay un mercado tanto nacional como internacional, los precios difieren mucho dependiendo del mercado al que va dirigido, en el mercado internacional se vende a más del doble que en el mercado nacional.

Con todo lo explicado anteriormente, es que se puede apreciar una gran oportunidad para poder entrar en dicho mercado y así captar una parte de éste, se puede empezar por la parte del mercado con demanda insatisfecha, y así poco a poco ir creciendo para lograr economías de escala para obtener costos más bajos, mejorar las relaciones con los clientes y quitarles partes del mercado a los competidores actuales.

Una de las principales empresas piuranas que se dedica a la exportación de limón y a la producción de aceite de limón es Limones Piuranos S.A.C citado del gráfico N° 1, ha tenido una elevación tanto en el porcentaje de participación en el mercado, como en las exportaciones respecto del año pasado.

La mayor parte de limón es producido por México, pero la ventaja del Perú es que en la campaña más grande se pueden obtener costos de producción tan bajos que podemos competir con el principal país productor de limón y aceite de limón.

A continuación se presenta un cuadro en el que se presentan los porcentajes de crecimiento de la exportación del limón a lo largo de todos los años 2010 y 2011.

Exportación de limón				Fuente: SUNAT		
	2011			2010		
Mes	FOB	Kilos	Precio Prom.	FOB	Kilos	Precio Prom
Enero	150,959.00	246,890.00	0.61	82,873.00	95,751.00	0.87
Febrero	156,230.00	255,702.00	0.61	56,009.00	123,688.00	0.45
Marzo	153,815.00	192,342.00	0.80	133,815.00	209,920.00	0.64
Abril	108,253.00	176,711.00	0.61	55,033.00	116,957.00	0.47
Mayo	156,480.00	203,456.00	0.77	60,935.00	90,136.00	0.68
Junio	63,062.00	88,861.00	0.71	84,373.00	120,767.00	0.70
Julio	128,092.00	146,347.00	0.88	83,487.00	109,247.00	0.76
Agosto	104,876.00	122,593.00	0.86	89,723.00	131,157.00	0.68
Septiembre	91,790.00	117,120.00	0.78	43,754.00	104,120.00	0.42
Octubre	130,248.00	180,296.00	0.72	161,720.00	168,789.00	0.96
Noviembre	113,939.00	151,708.00	0.75	47,042.00	88,585.00	0.53
Diciembre	225,615.00	262,705.00	0.86	190,124.00	210,178.00	0.90
Totales	1,583,359.00	2,144,731.00	0.74	1,088,888.00	1,569,295.00	0.69
Promedio mes	131,946.58	178,727.58		90,740.67	130,774.58	
% crecimiento	45%	37%	6.40%	44%	61%	-10.20%

CUADRO N° 7: Exportación de limón en los años 2010 y 2011

ELABORADO POR: Grupo de Proyectos "Green Lemon"

FUENTE: (SUNAT)

3. Capítulo III: Productos Derivados del Limón Sutil

3.1. Aceite Esencial de Limón

3.1.1. Definición

Se considera aceite esencial de limón a las fracciones líquidas volátiles obtenidas, generalmente destilables por un proceso físico, que contienen las sustancias responsables del aroma y sabor del limón.

Los aceites esenciales (esencias o aceites volátiles) son productos de composición generalmente muy compleja que contienen los principios volátiles que se encuentran en los vegetales más o menos modificados durante su preparación. Para extraer estos principios volátiles, existen diversos procedimientos.

Se les llama aceites por su apariencia física y consistencia que es bastante parecida a los aceites grasos, pero se distinguen de ellos, porque al dejar caer unas gotas de esencia sobre el papel, éstas se volatilizan fácilmente sin dejar ninguna huella ni mancha grasosa. (Martinez, 2003) (Villa, 2004)

FICHA TECNICA	
Nombre científico	Citrus aurantifolia
Familia	Rutaceae
Variedades importantes	Sutil
Apariencia	Líquido Cristalino
Color	Levemente amarillento
Aroma	Fresco, terpénico, cítrico.

CUADRO N° 8: Ficha Técnica del aceite esencial de limón
Fuente: (Piuranos, Limones Piuranos S.A.C, 2012)

Para la producción de 185 kg de aceite esencial de limón se emplea 60 toneladas de limón sutil fresco, previamente lavado cepillado y seleccionado.



FIGURA N° 4: Aceite esencial de limón
Fuente: (Quiminet, Aceite Esencial de Limon, 2008)

3.1.2. Usos

El aceite esencial de “limón sutil” se usa, principalmente, en la elaboración de aromatizantes y saborizantes para la industria alimentaria y farmacéutica, usándolos como insumos en la elaboración de cosméticos, perfumes y productos de limpieza. Además, en la elaboración de los concentrados para refrescos sabor a “cola” en donde se utiliza la mayor parte de la producción de aceite destilado. Otros usos son los concentrados para refrescos “lima - limón” y sabores para galletas, dulces, medicamentos, etc. (Piurano, Limones Piurano S.A.C, 2012)

El aceite del limón en el ámbito de la medicina puede ayudar a estimular el sistema inmunológico. También auxilia a los sistemas digestivo, glandular y circulatorio. Este aceite tiene usos diversos: refrescante, desodorante, germicida, anti espasmolítico, y mejora la atención y el poder de concentración. Adicionalmente, se utiliza en la fabricación de bebidas no alcohólicas, gaseosas, en la industria farmacéutica y de cosméticos. El aceite esencial de limón es fototóxico⁶, por lo cual, no debe aplicarse sobre la piel que se expondrá directamente a la luz solar. (Gonzalez Villa, 2004)

3.1.3. Ubicación del Aceite Esencial en el Limón Sutil

El aceite esencial de limón se puede obtener de la cutícula de la cáscara del limón o de destilar el limón completo, siendo el proveniente de éste último el de mayor calidad.

Precisamente en el flavedo⁷, dentro de los estratos inmediatamente debajo de la epidermis, se encuentran, irregularmente distribuidas, las celdas conteniendo el aceite esencial, como se explicó en el apartado de la descripción del limón sutil. Estas celdas con un diámetro de 0.4 a 0.6 mm, no tienen paredes propias del tipo de corriente, sino están limitadas por restos degradados de elementos celulares. Por otra parte, no presentan comunicación alguna con los tejidos que lo rodean. (Haro, El Aceite Esencial de Limon Sutil, 1984)

3.1.4. Obtención

Para la extracción del aceite del limón sutil se va a emplear tres procesos diferentes, los cuales dan como resultado diversas calidades de aceite.

Todos los procesos deben contemplar la rotura de las celdas de aceite con objeto de liberar este y, posteriormente, separarlo de las impurezas que presenta debido al proceso de extracción.

Métodos de obtención del aceite

1) Obtención del aceite destilado

Los frutos enteros se exprimen en una prensa de tornillo, en donde la presión ejercida hace estallar las celdas de aceite, este es arrastrado por el jugo y ambos salen en forma de emulsión a

⁶ Caracterizado por una reacción no inmunológica, de aparición rápida, de la piel cuando ésta es expuesta a una sustancia fotosensibilizante y a la luz.

⁷ Es la capa protectora de una fruta o vegetal, del cual puede desprenderse.

través de las paredes perforadas de la prensa. La cáscara casi exenta y aceite, sale por el extremo de la prensa.

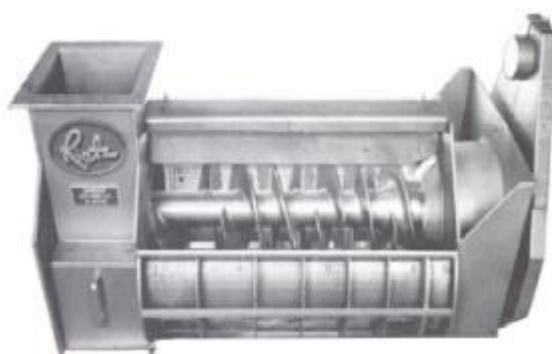


FIGURA N° 5: Una prensa de tornillo
FUENTE: (Bepex)

Con objeto de obtener altos rendimientos es conveniente estar controlando el contenido del aceite en la cáscara de la descarga. Si se presentan variaciones en el funcionamiento se deberá realizar ajustes en la prensa, o bien, cambiar el tornillo para mantenerla operando eficientemente.

La emulsión⁸ jugo – aceite se envía a un alambique en donde se inyecta vapor, el cual arrastra el aceite, ambos salen por la parte superior del alambique hasta un condensador, en donde los vapores de agua y aceite al ponerse en contacto con las paredes frías del condensador, se condensan y fluyen hacia la parte inferior en forma de líquido. Estos se separan continuamente por decantación en un vaso florentino o decantador, saliendo por la parte superior el aceite y por la inferior el agua.



FIGURA N° 6: Equipo para la destilación del aceite esencial.
FUENTE: (Alibaba, 2012)

⁸ Una emulsión es una mezcla de líquidos inmiscibles (que no se disuelven uno al otro, mezcla aceite/agua) de manera más o menos homogénea

Es conveniente ajustar el flujo de agua de enfriamiento al condensador de manera que la temperatura del condensador al salir sea de 35 – 40 °C. A temperaturas más bajas se condensan compuestos muy volátiles de aroma desagradable deteriorando la calidad del aceite.

Con objeto de que la operación de decantación sea eficiente es necesario que la capacidad del vaso florentino sea cuando menos igual al volumen de condensado que fluye en una hora.

Es recomendable que los tubos del condensador sean de acero inoxidable. Si son de cobre es necesario limpiarlos en su interior antes de iniciar cada campaña, de lo contrario se corre el riesgo de contaminar el aceite. Esto se nota cuando el aceite sale con una coloración verde o azul.

La duración normal de una destilación es de nueve horas, contadas desde que empieza a fluir el condensado hasta que ya no hay cantidades apreciables de aceite en este. Para modificar el tiempo de destilación es necesario operar sobre la válvula de alimentación de vapor al alambique, a mayor flujo de vapor menor tiempo de destilación y viceversa.

Una vez obtenido el aceite, es conveniente dejarlo decantar por cuando menos 24 horas en un tanque de fondo cónico para que sedimenten agua e impurezas. Cuando el aceite está limpio y seco, se envasa, de preferencia, en tambores de lámina galvanizada, o bien, recubierta con un barniz interior de resina epoxi fenólica⁹.

Siendo el oxígeno del aire uno de los principales agentes del deterioro del aceite, se debe evitar durante el manejo, el introducir en él cantidades apreciables de aire. (Haro, El Aceite Esencial de Limon Sutil, 1984)

2) Obtención del aceite centrifugado tipo A (por prensado)

Los limones enteros se exprimen en una prensa de tornillo de igual manera que para la obtención del aceite destilado.

La emulsión jugo – aceite obtenido se pasa a través de un tamiz para eliminar los detritos más grandes, después, se envía a una primera centrífuga (Ver figura N° 7) en donde, aprovechando las diferencias de densidades, se separan tres fases:

- a) Sólidos, los que presentan un contenido apreciable de aceite, se pueden enviar al alambique para la recuperación del aceite por destilación.
- b) Jugo, que deberá estar lo más libre de aceite posible.
- c) Emulsión jugo – aceite, conteniendo cantidades importantes de aceite (50 – 70%).

Esta emulsión se envía a una segunda centrífuga en donde se obtienen dos fases:

- a) Aceite, ya prácticamente puro.
- b) Jugo, con cantidades más o menos apreciables de aceite. Si, una vez que la centrífuga está operando a su mayor eficiencia, el jugo presenta cantidades de aceite, es conveniente enviar este jugo a destilación para recuperar el aceite

⁹ La resina epoxi es la resina más idónea que se pueda utilizar en cualquier sistema de pintura de alto rendimiento, que se aplica para proteger todo tipo de estructuras de acero, para protegerlos de la corrosión.



FIGURA N° 7: Centrifugado
FUENTE: (El aceite sierra, 2009)

Este aceite contiene disueltas cantidades apreciables de ceras, las cuales fueron arrastradas de la cáscara por el aceite, por consiguiente, es necesario proceder a su eliminación parcial. No es conveniente eliminar las ceras totalmente ya que tienen acción antioxidante y su eliminación total hace que el aceite se vuelva muy inestable y se oxide fácilmente.

Para eliminar las ceras parcialmente, se coloca el aceite en un recipiente de acero inoxidable de fondo cónico con varias válvulas de salida a diferentes alturas a partir del fondo, con objeto de que una vez precipitadas las ceras, el aceite limpio se pueda extraer por una de las válvulas, dejando en el fondo las ceras. El proceso de precipitación de las ceras se hace más rápido a bajas temperaturas, por lo cual, se lleva el aceite a temperaturas de -23 a -4 °C por períodos de cinco a veinte días. A más baja temperatura menor tiempo de precipitación. Una vez que han precipitado las ceras, el aceite limpio se envasa en tambores de lámina galvanizada o barnizado interiormente con resina epoxifenólica con el fin de preservarlos.

La mezcla de aceite y ceras que quedó en el tanque, se puede separar por filtración o enviar al alambique para obtener aceite destilado. (Haro, El Aceite Esencial de Limon Sutil, 1984)

3) Obtención del aceite centrifugado tipo B (por raspado)

Los limones enteros se tratan en máquinas en donde son raspados bajo una aspersión de agua. En este sistema las celdas de aceite se rompen por la acción de unos rodillos provistos de protuberancias abrasivas donde los detritos de mayor tamaño son expulsados, luego la emulsión agua – aceite se envía a dos pasos de centrifugación, como en el caso del aceite centrifugado tipo A. El aceite se descera como en el caso anterior y se envasa. (Haro, El Aceite Esencial de Limon Sutil, 1984)

4) Obtención de la esencia

Los frutos que fueron tratados en el extractor de aceite (máquina raspadora) contienen aún una cierta cantidad de aceite, dado que el proceso no es 100% eficiente. Esta cantidad de aceite pasa con el jugo durante la operación siguiente, que es la extracción del jugo. De igual manera, el jugo proveniente de la obtención de aceite centrifugado tipo A contiene una cierta cantidad de aceite.

Cuando el jugo es concentrado en un evaporador al vacío, el aceite se evapora con el agua de constitución del jugo y es condensado con esta. La esencia se puede separar, entonces, por decantación en un vaso florentino.

La esencia es un producto muy inestable y, por esto, no es aceptada en el mercado. Esta puede agregarse a la emulsión jugo – aceite de los alambiques para recuperarla como aceite destilado. (Haro, El Aceite Esencial de Limon Sutil, 1984)



FIGURA N° 8: Vaso de florentino
FUENTE: (La pata de Oca)

3.1.5. Parámetros a Analizar

Para obtener aceite de buena calidad deberá tener determinada proporción de los diferentes componentes, cada uno de los cuales posee determinadas características físicas o químicas, de manera que el aceite con una proporción adecuada de componentes nos dará valores determinados para estas características, cuyas variaciones nos indican cambios en la composición y, por consiguiente, en la calidad del aceite.

En el caso del aceite destilado, al estar en contacto con el jugo ácido y caliente, sufre reacciones químicas que cambian su composición. El aceite que logra tener buena calidad será aquel que haya reaccionado hasta cierto límite. Es, por consiguiente, muy importante el controlar adecuadamente las variables de la destilación (tiempo de calentamiento, duración de la destilación, etc.).

Las diferentes determinaciones a que se somete el aceite son las siguientes:

A. Determinaciones sensoriales

A.1).- Aspecto

Se determina visualmente observando si el líquido presenta turbiedad, sólidos precipitados o agua.

- Aceite destilado y esencia. Estos deben presentarse completamente cristalinos sin sólidos precipitados. Una ligera turbiedad puede indicar presencia de agua.
- Aceite centrifugado. Debe ser cristalino, pudiendo presentar un precipitado ceroso debido a la precipitación de cumarinas y psoralenos, los cuales son componentes normales del aceite. Una cantidad muy grande de ceras indica un proceso de descerado defectuoso.

A.2).- Color

Se determina visualmente.

- Aceite destilado y esencia. Deben presentar un color ligeramente amarillento (más claro para la esencia). Un color amarillo intenso puede indicar contaminación por metales o un aceite “quemado”.
- Aceite centrifugado. El aceite centrifugado tipo A debe presentar un color que va del ámbar al verde claro, según el grado de madurez de los frutos empleados para su manufactura.
El aceite centrifugado tipo B debe presentar un color verde oscuro.

A.3).- Olor

Es una de las determinaciones más importantes puesto que a esta característica se debe el valor comercial del aceite. Una vez conocido el olor típico del aceite, cualquier olor extraño nos puede dar una idea de su causa (“olor a quemado”, “rancio”, etc)

A.4).- Sabor

Es la otra característica importante del aceite. De igual manera que para el olor, cualquier sabor extraño nos puede dar idea de su causa.

B. Determinaciones físicas.

B.1).- Índice de refracción

Esta dado por la relación entre el seno del ángulo de incidencia y el de refracción de un rayo luminoso que pasa del aire al aceite en cuestión, mantenido a una temperatura de 20°C.

Esta propiedad varía muy lentamente con la variación de la calidad. Generalmente un valor alto corresponde a un aceite pesado (“muy cocido”), y un valor bajo a un aceite “ligero”.

B.2).- Densidad relativa

Es la relación entre peso de un volumen dado de aceite a 25 °C y un volumen de agua a la misma temperatura.

- Aceite destilado. Una densidad relativa baja indica un aceite rico en terpenos (aceite ligero), debido generalmente a una destilación rápida, incompleta, o a una mezcla de las fracciones obtenidas de la destilación. Una densidad relativa alta nos indica una destilación muy prolongada, la utilización de frutos muy maduros o un aceite muy viejo.

- Aceite centrifugado. Es muy raro encontrar aceites centrifugados con densidad relativamente baja. Si esto se presenta es muy probable que haya adulteración con otros productos. Una densidad relativa alta puede tener como causa la presencia de una gran cantidad de residuo no volátil.

B.3).- Rotación óptica

Los aceites esenciales cítricos hacen girar el plano de vibración de la luz polarizada cuando un haz de esta pasa a través del aceite. La rotación óptica se expresa en grados angulares. Los componentes hidrocarbonados tienen valores altos (arriba de 50°), mientras que los compuestos oxigenados tienen valores bajos o negativos.

- Aceite destilado. Una rotación óptica alta indica un aceite rico en terpenos debido, generalmente a una destilación rápida o incompleta o una mezcla defectuosa de las fracciones obtenidas de la destilación. Una rotación óptica baja nos indica una destilación prolongada, la utilización de limones muy maduros o un aceite viejo.
- Aceite centrifugado. Es muy raro encontrar aceites centrifugados con rotación óptica alta o baja, si esto se presenta es posible que exista adulteración. Debido al color tan intenso del aceite centrifugado tipo b no es posible determinarle la rotación óptica.

B.4).- Solubilidad en alcohol

De acuerdo a su composición los aceites esenciales cítricos son más o menos solubles en alcohol etílico de varias graduaciones. Los terpenos son menos solubles que los compuestos oxigenados, por lo tanto, un aceite rico en terpenos será menos soluble que uno normal. Con el envejecimiento los aceites van disminuyendo su solubilidad en alcohol.

B.5).- Residuo a la evaporación

Es la cantidad de material que no se evapora al someter el aceite a un proceso de calentamiento controlado.

- Aceite destilado. Un residuo a la evaporación alto puede indicar envejecimiento, mientras que si es bajo puede indicar adulteración con terpenos.
- Aceite centrifugado. Un residuo alto puede indicar exceso de ceras (posible defecto de fabricación) y uno bajo puede deberse a la adición de terpenos u otros adulterantes, o bien, a un descerado excesivo.

C. Determinaciones químicas

C.1).- Contenido de compuestos carbonílicos

Dentro de los compuestos oxigenados se atribuye a los compuestos carbonílicos la mayor importancia en el aroma del aceite de limón. El compuesto carbonílico más abundante en el aceite de "limón sutil" es el citral.

De ahí que el "contenido de citral" sea un factor importante en la calidad del aceite.

- Aceite destilado. Un contenido bajo nos puede indicar una destilación incompleta. Si este es alto puede deberse a una destilación muy rápida o a un aceite demasiado oxidado.
- Aceite centrifugado. Un contenido bajo nos puede indicar la utilización de limones muy maduros o de fin de temporada, el empleo de cantidades excesivas de agua durante la extracción (tipo B) o un tiempo de contacto jugo – aceite excesivo (tipo A). Un contenido demasiado alto se puede deber a adulteración con citral.

C.2).- Índice de peróxido

Es la cantidad de microgramos de oxígeno activo en un gramo de aceite, que nos indica el grado de envejecimiento de este. Generalmente, cuando el aceite tiene el índice de peróxido máximo permitido por la norma, el olor ya se presenta definitivamente rancio.

D. Métodos instrumentales

D.1).- Cromatografía de gases

En esta técnica, los componentes volátiles del aceite son separados a lo largo de una columna que contiene una fase estacionaria (generalmente un aceite pesado) depositada sobre un soporte sólido.

El aceite esencial se introduce en el inicio de la columna con una microjeringa a través de una membrana de cierre, se vaporiza y es arrastrado por el gas de acarreo a través de la columna en donde los componentes viajan a diferentes velocidades dependiendo de su solubilidad en la fase estacionaria. Al final de la columna, los componentes emergen a diferentes tiempos.

La detección de los componentes a la salida de la columna generalmente se efectúa mediante un detector de conductividad térmica o de ionización de flama.

Las variaciones de la conductividad o de la corriente de ionización, provocadas por la variación de la composición del gas a medida que los componentes volátiles emergen de la columna, son amplificadas y medidas directamente en un graficador, cuya pluma traza una gráfica sobre una hoja de papel que se mueve a velocidad constante.

Por medio de la cromatografía de gases se logra la separación y determinación cualitativa de los principales componentes de los aceites esenciales. Así, examinando el cromatograma¹⁰ es posible detectar cualquier cambio en la composición debido a adulteración, envejecimiento, proceso defectuoso, etc.

D.2).- Espectrofotometría en el infrarrojo

El infrarrojo es la porción del espectro electromagnético que empieza en el rojo oscuro y se extiende hasta la región radar, cubriendo una amplitud de 0.7 a 20.0 micrones.

Cada componente absorbe luz infrarroja, a determinadas longitudes de onda, de acuerdo a su estructura química. El espectrofotómetro infrarrojo grafica la intensidad de la

¹⁰ La cromatografía es un método físico o de separación para la caracterización de mezclas complejas, la cual tiene aplicación en todas las ramas de la ciencia y la física.

absorción con respecto a la longitud de onda. De manera que el espectro IR de un compuesto químico definido es una “huella digital”.

Cuando se trata de espectros IR de aceites esenciales, que son mezclas complejas, cada banda representa la presencia de un grupo funcional (p.ej. aldehído, alcohol, etc) en uno o varios de los componentes del aceite.

Por lo tanto, el espectro IR permite detectar cualquier cambio en la composición del aceite y, por consiguiente, en la calidad.

En el siguiente cuadro se muestran los rangos aceptables de los parámetros a analizar del aceite esencial de limón descritos anteriormente.

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Rotación óptica a 20°C	+34.0 ° a + 47.0°
Índice de refracción a 20°C	1.4745 - 1.4965
Densidad Relativa a 25/25°C	0.855 - 0.863
Contenido de Aldehídos expresado como Citral	0.5 - 2.0%
Residuo a la Evaporación	0.2 - 2.2%
Solubilidad en Etanol	Soluble de 0.5 a 5 vol. de Etanol

CUADRO N°9: Especificaciones Técnicas
FUENTE: (Piuranos, Limones Piuranos S.A.C, 2012)

3.1.6. Conservación y Almacenaje

Para la conservación y almacenaje del aceite esencial de limón sutil es necesario tomar en cuenta los siguientes factores:

a).- Reactividad del aceite esencial con el material de construcción del recipiente

Dentro de los materiales para la fabricación de recipientes, el limón reacciona mas frecuente con el fierro, por lo que deben descartarse los recipientes de este metal, los recipientes compuestos de cobre puro y el aluminio no son del todo inatacables, por el contrario del estaño y el zinc, son inatacables, por lo que se les usa como recubrimiento para el fierro y el cobre (hojalata, galvanizado, etc.).

Últimamente para recubrir internamente los recipientes se ha estado usando un sistema que ha dado óptimos resultados, usando un barniz a base de materias plásticas (casi siempre constituido por resinas fenólicas modificadas) y luego es sometido posteriormente a un tratamiento térmico.

El material más adecuado para la fabricación de recipientes, es el vidrio, sin embargo presenta problemas para su fragilidad y peso, lo que obliga al empleo de costosos embalajes.

Los tapones que vamos a usar son de corcho que funcionan bien desde el punto de vista de inalterabilidad, si bien no siempre son totalmente herméticos. Se pueden usar tapas de polietileno protegidas por una segunda tapa metálica o de plástico.

b).- Influencia de la humedad

La humedad (agua residual de la destilación o recipientes mal secados) tiene diversas influencias nocivas.

Por un lado, si la esencia está contenida en recipientes estañados o zincados, la humedad pasa a través de los más minúsculos poros de recubrimiento provocando la formación de óxidos, los que pueden dar coloración al aceite y atacar al recipiente. Además el agua puede provocar alteraciones en la constitución de los componentes del aceite esencial por la formación de productos de hidrólisis.

Por consiguiente, es recomendable deshidratar los aceites antes de almacenarlos y, lógicamente, entregarlos al comercio en recipientes perfectamente secos (decantación cuidadosa, deshidratación por absorción con sulfato de sodio anhidro, filtración, etc.).

c).- Influencia de la luz

La luz puede catalizar toda una serie de reacciones internas que pueden llevarse a cabo entre los diferentes constituyentes de los aceites esenciales. Por consiguiente, es recomendable que se conserven en la obscuridad. Tal condición se cumple idealmente con el empleo de recipientes metálicos y, en el caso del vidrio, con el empleo de vidrio fuertemente coloreado en amarillo, azul o verde que absorbe al máximo las radiaciones luminosas. Es, por consiguiente, conveniente no dejar que la luz directa del sol incida sobre los frascos por períodos excesivos.

d).- Influencia de la temperatura

Independientemente del tipo de calentamiento, la temperatura puede provocar ruptura de ésteres, formación de vapores, etc.

Durante la fabricación se deben evitar calentamientos excesivos y, si son aceptables como temperatura, que no sean de larga duración. Se debe procurar mantener el aceite en ambientes frescos y ventilados, sin que la temperatura sea demasiado baja.

En general, se considera que una temperatura entre los 5 y los 15 °C representa el óptimo.

e).- Influencia del oxígeno atmosférico

El oxígeno es el agente que causa mayor deterioro en los aceites cítricos. Este reacciona con los aceites esenciales provocando oxidaciones más o menos evidentes según la estabilidad de sus constituyentes.

Por consiguiente, es conveniente llenar los recipientes al máximo para reducir la cantidad de oxígeno presente. Se debe tomar en cuenta la posible dilatación del aceite y la formación de vapores, por lo que es necesario dejar un espacio libre. La norma oficial mexicana recomienda que este espacio sea del 2 a 5% del volumen del recipiente. No es conveniente conservar el aceite en recipientes abiertos o que no estén bien llenos, es preferible llenar varios más pequeños. Se debe evitar al máximo el estar tapando y destapando los recipientes, cada vez que esto sucede, se permite la entrada de nuevo oxígeno que reacciona con el aceite.

El empleo de antioxidantes puede ser útil en ciertos casos, pero siempre es decisiva la concomitancia de todos los factores activos para una buena conservación. Es aconsejable que los tiempos de almacenamiento sean cortos. (Haro, El Aceite Esencial de Limon Sutil, 1984)

3.2. Cáscara Deshidratada de Limón

3.2.1. Definición

La cáscara deshidratada de limón, es un producto 100% natural, obtenido a partir de la fruta de limón sutil, *Citrus aurantifolia*, en condiciones óptimas de conservación y madurez. El producto final, tiene la apariencia de cáscara sólida, seca y libre de partículas o productos ajenos, de acuerdo a los requerimientos del cliente como se aprecia en la Figura N° 9.



FIGURA N° 9: Cáscara Deshidratada de Limón
FUENTE: (ABCGrape, 2011)

La deshidratación de la cáscara de limón proviene de una de las formas más antiguas de procesar alimentos, la cual consiste en eliminar la humedad de los alimentos para que no se malogren. Esta técnica de deshidratación surgió hace dos siglos en España e Italia, países que importaban productos frescos de África y para preservarlos los deshidrataban. (Quiminet, Los beneficios de las frutas deshidratadas, 2009). Los alimentos deshidratados mantienen gran proporción de su valor nutritivo original si el proceso se realiza en forma adecuada.

Dentro del proceso de deshidratación se considera de mucha importancia la conservación de alimentos porque permite alargar la vida útil de las frutas, esto ayuda a conservar el producto para llevarlo a mercados más distantes. Además la importancia de conservar frutas deshidratadas se debe a que se puede contar con frutas en épocas que normalmente no se producen, logrando así mejores precios. (InfoAgro)

A continuación se presenta la ficha técnica de la cáscara deshidratada de limón, en la cual se muestran las características más importantes incluyendo sus valores.

Ficha Técnica	
Cáscara Deshidratada de Limón	
Nombre científico	Citrus aurantifolia
Familia	Rutaceae
Variedades importantes	Sutil
Humedad	8% – 10%
Sólidos solubles	<=10%

Rendimiento de pectina	28% - 32%
Tamaño de las partículas: <1 mm, por peso ("finos") <5 mm, por peso >5 mm<15 mm	8% 50% 42%
Color -Evaluación visual de la cáscara con secadores de tolva de fluido -Cáscara deshidratada con otros secadores	<2* Max 3*
Apariencia	Blanco amarillento o medio verdoso.
Olor y sabor	Característicos.
Contaminantes	Libre de partículas o productos ajenos.
Tiempo de vida	2 años a temperatura ambiente.

Cuadro N° 10: Ficha Técnica de la Cáscara Deshidratada de Limón Sutil

FUENTE: (LimonesPiuranos)

Para la producción de 12.5 toneladas de cáscara deshidratada de limón se emplea 100 toneladas de limón sutil fresco, previamente lavado cepillado y seleccionado. Además la calidad de la producción depende de la calidad de limón que ingrese, del estado de las cuchillas del molino, el control del secador rotatorio, etc. Haciendo así que se obtenga una cáscara de calidad.

Los meses para la producción de jugo cáscara deshidratada de limón son los meses de cosecha de limón fresco, pues este es su principal ingrediente. Por lo tanto, los meses de mayor producción son los meses de verano, como puede observarse en la Gráfico N°5.

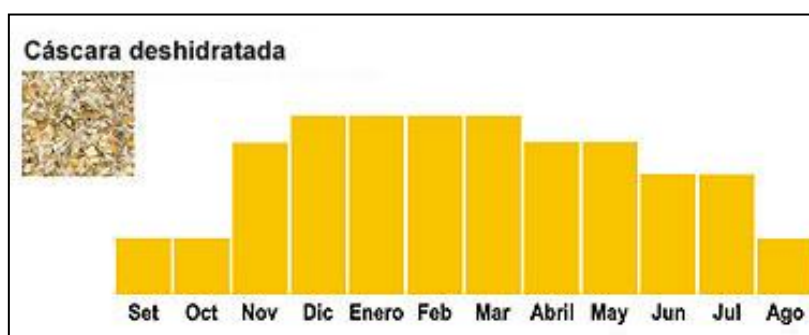


GRÁFICO N° 5: Calendario de producción de cáscara deshidratada de limón

FUENTE: (Limones Piuranos)

3.2.2. Usos

- a) En la industria alimentaria: la cáscara deshidratada de limón se usa como materia prima para la extracción de pectinas por ser requerida por la industria de producción de aditivos. Ésta cáscara es muy apreciada por su alto contenido de pectina como también para su utilización en la fabricación de mermeladas. La pectina es un coloide usado en gran escala como gelificante de pastas, jaleas, dulces, gelatinas, etc. (González Sánchez & Silva Echevarria, 2003)
Además es utilizada como principal complemento para la alimentación de ganado como alimento balanceado y se despacha a granel, debido a que posee un efecto beneficioso sobre la salud por ser un alimento nutracéutico. Estos alimentos a menudo se denominan también como alimentos funcionales, siendo apta la cáscara de limón para elaborar un alimento funcional veterinario, aunque el sabor amargo de este residuo limita su nivel de incorporación a la dieta. (Borkosky, Lescano, Paz, & Prieto, 2007)
- b) En la industria farmacéutica: la cáscara deshidratada se utiliza como un aglutinante para elaborar suspensiones. (Empresa San Miguel)
- c) Consumo humano: se utiliza en sopas, carnes, ensaladas, caldos, té por infusión y té frío.



FIGURA N° 10: Infusión elaborada a partir de la cáscara deshidratada de limón.
Fuente: (Satori Argentina, 2011)

3.2.3. Ubicación de la Cáscara Deshidratada en el Limón Sutil

La cáscara deshidratada de limón se obtiene principalmente de la epidermis del limón, es decir, la cáscara del limón. La estructura de la cáscara de los cítricos está dividida en tres partes:

- a) **Epicarpo:** es la cáscara externa del limón, cerosa, de color amarillo intenso cuando está maduro y que contiene:
 - Clorofila: pigmento de color verde que está presente en los frutos no maduros y que permite realizar la fotosíntesis. A medida que el fruto madura hay una enzima (proteína), llamada clorofilasa que transforma la clorofila en azúcares de alto contenido energético y poco a poco va apareciendo el color amarillo del fruto.
 - Caroteno: pigmento que aparece a medida que va degradándose la clorofila y es el responsable de la aparición del color amarillo en los frutos maduros. Al ingerirse el cuerpo humano es capaz de transformarlo en vitamina A.

- Xantofila: Es otro pigmento muy parecido al caroteno en cuanto a composición química.
- Aceite esencial de limón: producto más utilizado de la cáscara y está compuesto por esteroaterpenos (citropteno, alcanfor, etc.), sesquiterpenos, alcoholes y cetonas que son las responsables del aroma y las propiedades terapéuticas del limón.

Además el epicarpio está compuesto por la epidermis y el flavedo. La epidermis tiene la función de proteger el fruto y es la parte externa del mismo. El flavedo es de color verde y está ubicado debajo de la epidermis, contiene aceite esencial.

b) Mesocarpo: es la capa esponjosa de color blanco que rodea a los gajos de zumo y que aparece después de la cáscara. Contiene alto porcentaje de pectina y está compuesta por:

- Agua: componente mayoritario cuando el limón está fresco.
- Azúcares, celulosa y materias pécticas cuando el limón está seco.

c) Endocarpo: es la parte central del fruto que contiene las vesículas repletas de zumo y celdas de jugo.

- Principios activos: Agua, proteínas, grasas, hidratos de carbono, cenizas, calorías, grasas, ácido cítrico, ácido málico, sacarosa, citrato cálcico y la conocida vitamina C que es el componente fundamental ocupando un 60%.
- Sales minerales: Potasio, sodio, calcio, fósforo, magnesio, hierro, azufre, cloro, cobre, zinc, yodo y manganeso.
- Vitaminas: A, B1, B2, B6, C, P (citrina) y nicotinamida. (Santana, 2007)

3.2.4. Obtención

Los procesos para deshidratar cáscara de limón son diversos. Los más conocidos son el método tradicional que es el secado en forma directa y el método industrial que consiste en el secado por aire caliente. Cada uno de estos métodos tiene un número mayor de variantes que se ajustan a las necesidades de volúmenes y características de productos finales.

1) Método Tradicional:

Mediante este método, el proceso de deshidratación del limón consiste en secarlo de forma directa, natural y completamente al sol, sin el uso de ningún tipo de elemento artificial ni agregados químicos pero cumpliendo las más estrictas normas de calidad: buenas prácticas agrícolas, adecuado manejo de producto en campo, higiénicos sistemas de preparación y envasado.

La deshidratación natural o secado al sol se realiza aprovechando los elementos y condiciones climáticas tales como luz solar, calor natural y baja humedad relativa.

El deshidratado tampoco requiere de grandes inversiones en infraestructura y equipo, por lo que fácilmente puede ser replicado en regiones del mundo con limitaciones económicas. (Gonzalo Arriaza, 2010).

2) Método Industrial:

Mediante este método la cáscara fresca, procedente de la extracción del jugo de limón para la producción de jugos y aceites esenciales, es sometida a una desintegración para luego pasar por etapas de lavado. Enseguida se desarrollan las etapas de prensado y secado, continuando por un enfriado previo al llenado y pesado en sacos de polipropileno. Finalmente el producto seco es empacado para almacenamiento antes del despacho.

Una ventaja de este proceso es que, después de la fruta fresca, el alimento deshidratado es el que conserva la mayor parte de sus nutrientes; no obstante, el producto se reduce hasta cinco veces durante el proceso de deshidratación, es decir, al perder humedad el volumen del fruto se reduce notablemente, de tal suerte que para tener un kilo de cáscara deshidratada se necesitarán varios kilos de limón fresco fresca. (Quiminet, 2009).

Ingredientes:

- Materia prima: limón sutil, *citrus arautifolia*.
- Material de envase: bolsas de polipropileno, aptos para uso alimentario.

Descripción del proceso:

- a) RECEPCIÓN: la cáscara húmeda obtenida en la planta a partir de los otros procesos de limón es almacenada en pozas para su proceso en planta para evitar cualquier deterioro en las características de la misma.
- b) LIMPIEZA: el limón que cae por acción de la gravedad pasa a través de una Zaranda vibradora con la finalidad de separar las impurezas como hojas, restos de plástico, etc.
- c) LAVADO: se realiza un lavado por aspersión para eliminar cualquier rastro de arena o suciedad que contengan los limones para luego pasar a la etapa de prensado.
- d) PRENSADO: un tornillo helicoidal tritura la fruta en forma homogénea obteniéndose por un lado la micela¹¹ y por otro lado la cáscara.
Se reparten dos líneas de producción, y se realiza las pruebas de rendimiento que constituye un aproximado de Micela 70%, cáscara 30%
- e) TRANSPORTE: la cáscara es llevada por medio de un transportador de tornillo sin fin hacia una reprensa la cual separa el resto de emulsión que queda en la cáscara, para luego ser transportada a la tolva de molino.
- f) MOLINO: la cáscara es alimentada por un tornillo helicoidal al desintegrador provisto de una malla. La cáscara triturada en partículas es mezclada con agua limpia y/o agua

¹¹ Una micela o emulsión es una mezcla de líquidos inmiscibles (que no se disuelven uno al otro, mezcla aceite/agua) de manera más o menos homogénea.

- proveniente del segundo lavado y luego es bombeada a los tanques de lavado, manteniendo una proporción de cáscara y agua adecuada al proceso.
- g) **PRENSADO:** la cáscara una vez lavada se prensa para reducir el contenido del agua y luego se transporta por un tornillo sin fin hacia el secador.
 - h) **SECADO:** la cáscara se alimenta al secador a través de transportadores de tornillos helicoidales. El secador es un tambor rotativo continuo, donde por un extremo ingresa la cáscara y los gases calientes (Combustión de GLP) y por el otro son succionados por un ventilador centrífugo que los envía a un ciclón.
 - i) **ENFRIADO:** la cáscara que ingresa al ciclón es enfriada ya que los gases calientes y vapor de agua se eliminan por la parte superior y la cáscara deshidratada cae por gravedad a un transportador de tornillo que la conduce a un molino.
 - j) **LLENADO / PESADO:** la cáscara molida es conducida a través de un transportador de tornillo helicoidal hasta la zona de llenado. En esta zona se recibe la cáscara, se llena en sacos de polipropileno hasta completar el peso establecido de 25 kilos, inmediatamente son llevados a la zona de empaque.
 - k) **PRENSADO / EMPAQUE:** los sacos son alimentados de dos a dos a la tolva de una prensa neumática para ser prensados y empacados en pacas de polipropileno de 50 kilos cada una, inmediatamente después las pacas son cosidas.



FIGURA N° 11: Proceso de obtención de la cáscara deshidratada de limón sutil.

FUENTE: (LimonesPiuranos)

3.2.5. Parámetros a Analizar

Luego de realizar el proceso de obtención de la cáscara deshidratada de limón, el producto final debe cumplir con los siguientes criterios de aceptación:

- Físico-químicos: Humedad 8 – 10.6%
- Organoléptico: sabor, color, olor y apariencia.

Los parámetros deben cumplir con valores de aceptación, y son:

- **Control de humedad de la Cáscara:** consiste en un control de calidad en el cual se controla la humedad de la cáscara, esta humedad no debía ser menor a 8% ni mayor a 10.6%, estas mediciones se hacen con un equipo llamado “aquaboy”, aunque también se puede utilizar una termo-balanza. Este es uno de los controles de calidad de alta importancia pues la cáscara no puede estar ni muy húmeda (pues al pesar más la cáscara las pacas llevarían menos cáscara) ni muy seca (pues al pesar menos la cáscara, las pacas llevarían más de esta).
- **Control de pH:** consiste en un control de calidad en el cual se controla el pH del agua de reproceso, el agua de los lavadores y el agua que se obtiene después del último prensado, este control se realiza con un pHmetro en el cual se aprovechaba también a tener un control de la temperatura del agua. Este pH debe estar en el rango de 3.4 a 4.8, este rango es del último control de calidad en la prensa final antes de que entre al secador.
- **Control de grados Brix:** consiste en un control de calidad en el cual se controla el porcentaje de azúcar (Grados Brix) en el agua de reproceso, agua de lavadores y el agua que se obtiene después del último prensado, este control se realiza con un refractómetro. Estos grados brix deben resultar entre 1.3 y 1.6.
- **Control de tamaño de cáscara:** consiste en un control de calidad en el cual se controla el tamaño de la cáscara según los tamaños definidos por la empresa. Al igual que el control de humedad, este control de calidad es de alta importancia pues las partículas de cáscara no pueden ser muy grandes, por especificaciones del comprador. Este control se media con la ayuda de un tamizador.
- **Control de color de cáscara:** consiste en un control de calidad el cual se controla el color de la cáscara pues esta no puede ser ni muy oscura (quemada) ni muy clara. Este control se debe realizar cada vez que se mide la humedad.
- **Control de relación agua-cáscara:** consiste en un control de calidad el cual se controla la relación de agua y cáscara que hay en los lavadores. Este proceso se realiza con un balde y una balanza.

3.2.6. Conservación y Almacenaje

La cáscara deshidratada se llena en sacos de polipropileno aptos para uso alimentario debidamente cosidos. Luego son transportadas al almacén de cáscara, donde se coloca un separador que evite el contacto con el piso, formando rumas de pacas hasta completar un embarque. Las pacas son estibadas ubicando las marcas de identificación hacia abajo: la finalidad es evitar que se borren las inscripciones durante la estiba.

Cada saco contiene 50 kg de producto seco y prensado, los cuales deberán almacenarse a temperaturas ambiente (de 15°C – 35°C) y bajo sombra, dado que bajo estas condiciones tiene una vida útil de 1 año. Sólo existe un peso estándar para el llenado de sacos, que es de 50 kg como se menciona anteriormente.

3.3. Jugo Turbio Concentrado de Limón

3.3.1. Definición

El jugo turbio concentrado de limón, es un producto 100% natural, obtenido a partir de la fruta de limón sutil, *Citrus Aurantifolia*, en condiciones óptimas de conservación y madurez. El producto obtenido es un líquido turbio, muy viscoso, un poco pegajoso, con un color que puede oscilar entre el beige y el café claro. (CitroJugo, Jugo Concentrado de Limón, 2010)

Para la producción de 1kg de jugo turbio concentrado de limón se emplea aproximadamente 17 kg de limón fresco, previamente lavado cepillado y seleccionado. (Pemasac, Concentrado de limón orgánico) (Bruzone)

Ingredientes:

- Materia prima: limón sutil, *citrus aurantifolia*.
- Material de envase: El llenado es en bidones plásticos de uso alimentario para producto preservado o en cilindros plásticos de uso sanitario y doble bolsa interna de polietileno apta para uso alimentario.

El producto es un líquido turbio y ácido con un nivel de pH de 1.5-2.3 sometido a una pasteurización como tratamiento de conservación. Las características físico químicas y microbiológicas dependen del requerimiento del cliente.



FIGURA N° 12: Jugo Turbio Concentrado de Limón
FUENTE: (Citro Jugo, 2010)

Los criterios de aceptación son:

- Físico-químicos: pH, brix, acidez (GPL), grado de concentración, contenido de pulpa, contenido de aceite, partículas negras, gravedad específica.
- Organoléptico: sabor, color, olor y apariencia.
- Microbiológicos: gérmenes aerobios, mohos y levaduras.



FIGURA N° 13: Distintas Clases de Jugos de Limón
FUENTE: (Citro Jugo, 2010)

El jugo turbio concentrado de limón, a diferencia del jugo clarificado de limón, tiene la característica de contener pulpa de limón, pero está en bajas concentraciones, alrededor de 1%, otra característica importante es la baja sedimentación. (Citromax, 2012)

A continuación se muestra la ficha técnica del jugo turbio concentrado de limón, donde se muestran sus distintas características: (CitroJugo, Ficha técnica)

Ficha técnica:

PROPIEDADES	UNIDAD	400 GPL	500 GPL	570 GPL
FÍSICOQUÍMICAS				
Sólidos solubles (directo)	°Bx	38 – 48	49 – 57	55 – 63
Sólidos solubles (correcto)	°Bx	44 – 54	56 – 64	63 – 70
Acidez	% w/w Ácido Cítrico Anhidro	31.5 – 33.5	38.0 – 40.0	42.0 – 44.0
GPL	Gram/lit. Ácido Cítrico Anhidro	395 – 405	495 – 505	565 – 575
Pulpa	% (v/v – 8° Bx)	Según las especificaciones del cliente		2.0 (máx)
Nitrógeno Amino	mg/100 ml – 8° Bx	18,5 (mín)	18,5 (mín)	18,5 (mín)
Ácido Ascórbico	mg/100 ml – 8° Bx	34 (mín)	34 (mín)	34 (mín)
MICROBIOLÓGICAS				
Recuento de Aerobios	UFC/ ml conc.	Máximo 120		

Mesofilos totales		
Hongos	UFC/ ml conc.	Máximo 20
Levaduras	UFC/ ml conc.	Máximo 100
Coliformes	UFC/ ml conc.	Menor de 1
Patógenos	UFC/ ml conc.	No detectables en su desarrollo
ORGANOLÉPTICAS		
Defectos	Concentrado	Libre de material extraño
Sabor y olor	En reconstituido	Característica de limón fresco, libre de fermentos, sin sabores a cocido, amargo, astringente o cualquier otro sabor extraño
Color	En reconstituido	Amarillo, típico del jugo de limón fresco, sin pardeamiento
CONSERVANTES		
Dióxido de Sulfuro	p.p.m.	Según las especificaciones del cliente
Benzoato de Sodio	p.p.m.	Según las especificaciones del cliente

CUADRO N° 11: Ficha Técnica del Jugo Concentrado de Limón

FUENTE: (CitroMax, 2012) (Pemasac, Ficha Técnica)

Los datos que se presentan en el cuadro N°11 son las características y propiedades que debe tener el jugo turbio concentrado de limón para su salida al mercado nacional e internacional.

Los meses para la producción de jugo turbio concentrado de limón son los meses de cosecha de limón fresco, pues este es su principal ingrediente. Los meses de mayor producción son los meses de verano.

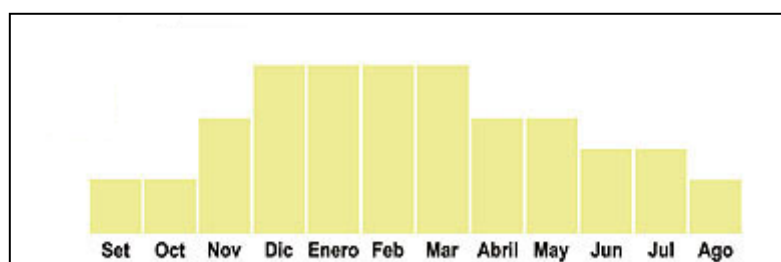


GRÁFICO N° 6: Calendario de Producción

FUENTE: (Limones Piuranos SAC.)

3.3.2. Usos

El uso principal del jugo turbio concentrado de limón es en especial cuando se desea tener un sabor y olor a jugo de limón fresco recién exprimido. Los principales usos en las distintas industrias son: (Zumo Limón)

- Industria de refrescos y bebidas: Principalmente como insumo acidulante para la elaboración de bebidas carbonatadas, alcohólicas, cocteles y otros rubros alimenticios.



FIGURA N° 14: Usos de Jugo de Limón
FUENTE: (Zumo de Limón, 2009)

- Industria alimenticia: En la preparación de helados y pasteles, además en la cocina para realzar el aroma de los mariscos, ensaladas, etc. (CitroJugo, Jugo Concentrado de Limón, 2010)

3.3.3. Ubicación del Jugo Turbio Concentrado en el Limón Sutil

Si se examina la sección transversal de un fruto empezando por la parte exterior, se observa las siguientes capas:

- Epidermis: Capa externa del fruto.
- Epicarpio o flavedo, constituido de un sistema parenquimatoso rico en pigmentos
- Albedo, tejido parenquimatoso formado de células de forma irregular, de aspecto esponjoso y color blanco, con grandes espacios intercelulares llenos de aire.
- Endocarpio, que es la porción comestible, constituido por segmentos o gajos distribuidos alrededor de un eje central de la misma composición del albedo. Los segmentos están envueltos en una membrana cuyo interior se encuentran las celdillas que contienen el jugo.
- Las semillas, situadas alrededor del eje central, dentro del endocarpio. (Haro, Productos Cítricos, 1984)

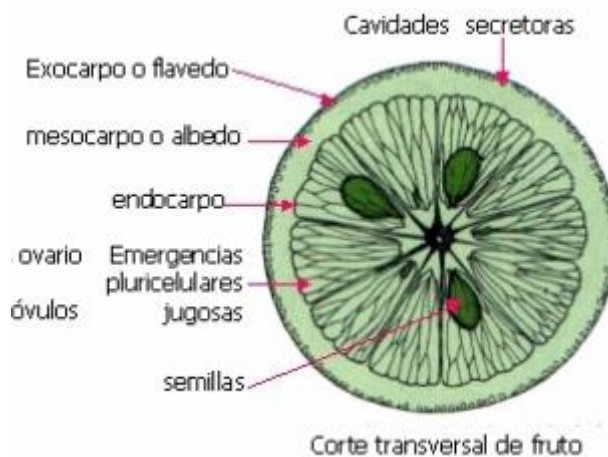
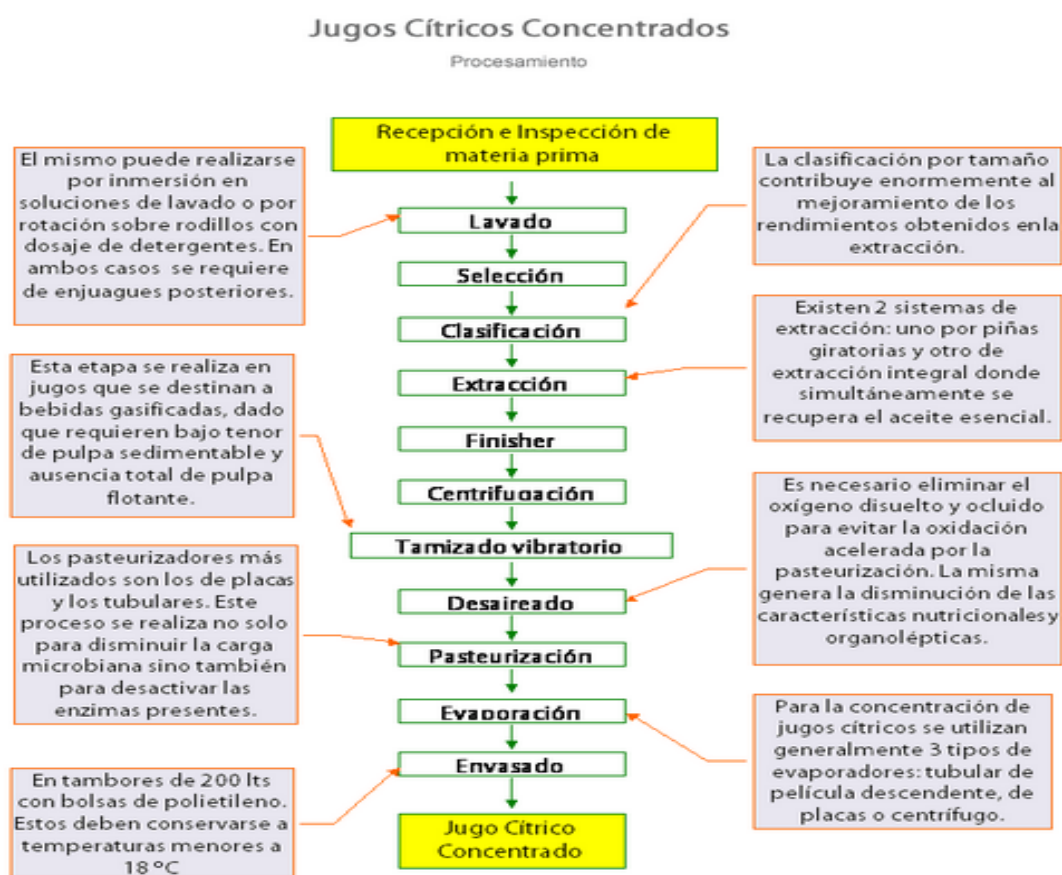


FIGURA N° 15: Partes del Limón Sutil
FUENTE: (Clima Frutal, 2009)

Los frutos enteros se exprimen en una prensa de tornillo, en donde la presión ejercida hace estallar el limón, saliendo en forma de emulsión a través de las paredes perforadas de la prensa. Esta emulsión donde predomina la pulpa del limón es donde se encuentra el jugo turbio concentrado de limón.

3.3.4. Obtención

El proceso de obtención del jugo turbio se da mediante procesos mecánicos usando prácticas sanitarias y siguiendo los procedimientos de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y a la vez cumpliendo con los requisitos de seguridad alimentaria, según los manuales HACCP. Los procesos de obtención incluyen las siguientes operaciones: lavado y selección, cepillado, selección y extracción. El jugo extraído es sometido a una refinación, centrifugación, precalentamiento, deaeración, pasteurización y concentración. Luego el jugo es pre enfriado y almacenado en tanques de bacheo para su homogeneización; se enfría nuevamente, es llenado, es pesado, y puesto en cilindros plásticos de uso sanitario; finalmente se almacena antes de su despacho.



Fuente: Ex Dirección Nacional de Alimentos

FIGURA N°16: Diagrama de Procesos de la Obtención de Jugo
FUENTE: (Copal)

3.3.5. Parámetros a Analizar

Los parámetros a analizar son los siguientes:

1) Físico-químicos:

- a. **pH:** Este parámetro consiste en controlar el grado de potencial hidrógeno, es decir, medir la acidez del jugo. El jugo turbio concentrado de limón tiene que tener una acidez que se asemeje a la del limón fresco. Este nivel de pH debe estar entre 1.5 y 2.3.
- b. **Brix:** Este parámetro consiste en medir el porcentaje de azúcar que debe tener el jugo, el jugo turbio concentrado de limón debe estar en un rango de 44-55 °Brix.
- c. **Acidez (GPL):** Este parámetro sirve para medir el grado de acidez del jugo turbio concentrado de limón en unidades GPL, este debe estar en un rango de 395 – 405 GPL.
- d. **Contenido de pulpa:** Este parámetro nos sirve para medir el porcentaje de pulpa de limón que hay presente en el jugo, este porcentaje debe ser especificado por el cliente, generalmente debe estar alrededor del 10%.
- e. **Partículas negras:** Son producto del proceso o materiales extraños, los cuales se deben controlar para que el producto sea limpio y de calidad, cumpliendo las normas sanitarias.

2) Organoléptico:

- a. **Olor y Sabor:** Este parámetro nos sirve para controlar que el jugo tenga las características de limón fresco; sin sabores extraños, a amargo o cocido y libre de fermentos.
- b. **Color y apariencia:** El jugo debe tener el color del zumo de limón verde, además su apariencia debe tener la textura de limón con pulpa.

3) Microbiológicos:

- a. **Gérmenes aerobios:** Este parámetro sirve para controlar las colonias micro bacterianas que pueden afectar al producto, deben considerarse un máximo de 120 UFC/ml conc.
- b. **Mohos:** Este parámetro sirve para controlar las colonias micro bacterianas que pueden afectar al producto, deben considerarse un máximo de 20 UFC/ml conc.
- c. **Levaduras:** Este parámetro sirve para controlar las colonias micro bacterianas que pueden afectar al producto, deben considerarse un máximo de 100 UFC/ml conc. (Pemasac, Ficha Técnica) (CitroJugo, Ficha técnica) (Pemasac, Ficha Técnica)

3.3.6. Conservación y Almacenaje

El jugo concentrado turbio de limón es un producto delicado que durante los procesos de producción se debe tener especial cuidado para no echarlo a perder. A continuación mostramos los procesos de conservación y almacenaje que se tienen que tener en cuenta:

1) PRE-ENFRIADO

El jugo se enfría en un intercambiador de placas con agua- glicol, por la sección que enfría con agua y luego pasa a un tanque de homogeneización. Las temperaturas no deben ser muy elevadas, pues malograrían el producto. Las temperaturas deben estar en un rango de 4 a 8 °C.

2) HOMOGENEIZACIÓN DE TANQUE BACHEO

El jugo almacenado en el tanque de homogeneización es almacenado para mostrar sus características a las especificaciones en caso lo requieran. Esta homogeneización también debe hacerse a una temperatura no superior a los 8°C ni menor a los 4°C.

3) ADICIÓN DE PRESERVANTES

En el caso de que se desee obtener producto preservado, se procederá a la adición de metabisulfito de sodio disuelto en agua, en la cantidad necesaria para obtener la concentración de SO₂ requerida; en caso contrario se procederá directamente al envasado pero previamente se ajustaran las características del producto a las especificaciones.

4) ENFRIADO

El jugo homogeneizado se enfría en un intercambiador de placas con agua – glicol¹² por la sección que enfría con glicol para luego ser llenado.

5) LLENADO/PESADO/CERRADO

El llenado se realiza en dos bolsas plásticas, que se encuentran dentro de un cilindro plástico de uso sanitario; la bolsa en contacto con el jugo es sellada después de completar el peso especificado y la bolsa que esta en contacto con el cilindro es amarrada con cinta rafia; el cilindro se cierra con sus respectivas tapas.

6) ETIQUETADO

Los cilindros son identificados con una etiqueta en la cual se lleva las características físicas del producto, fecha de producción y numeración del cilindro. En algunos casos según lo requiera el cliente los cilindros son pintados con las características que ellos soliciten.

7) ALMACENAMIENTO

Los cilindros cerrados e identificados son acondicionados en parihuelas y almacenados a bajas temperaturas en la cámara de congelación. Este almacenado debe realizarse en un ambiente frío, alrededor de los -26 y -28°C.

¹² El etilenglicol o glicol es un compuesto químico que pertenece al grupo de los dioles. Además es un líquido transparente, incoloro, ligeramente espeso como el almíbar y leve sabor dulce.

8) MARCAJE

Los cilindros son marcados con datos como peso neto, bruto, brix, fecha y lote de producción según los requerimientos del cliente.

9) DESPACHO

Es el envío de productos que cumple con las especificaciones del cliente, en contenedores a temperaturas de congelación. (Copal)

4. Capítulo IV: Experimentación y Pruebas de Laboratorio

La experimentación y pruebas de laboratorio se realizaron en dos días en el laboratorio de la empresa Limones Piuranos SAC, el primero fue el día miércoles 03 de octubre de 2012 y la segunda el día viernes 05 de octubre de 2012. Esta empresa está ubicada en Carretera Sullana - Tambogrande, Km 10.41 Cineguillo. En la primera visita, se realizaron las pruebas para obtener el rendimiento del aceite esencial de limón, y en la segunda, se realizaron las de la cáscara deshidratada de limón y el jugo turbio concentrado de limón. Este rendimiento es el que nos indicará cuántas toneladas de materia prima (limón sutil) se necesitarán para la elaboración del producto final (el aceite esencial, la cáscara deshidratada y el jugo turbio concentrado de limón).

4.1. Toma de Datos

4.1.1. Aceite Esencial de Limón

Determinación del rendimiento del aceite esencial de limón: Método de Clevenger

La muestra se calienta a reflujo durante un tiempo largo, el aceite esencial arrastrado por el vapor de agua se recoge en la parte graduada de un dispositivo especial destinado a recibir el destilado. Una vez frío, se lee directamente el volumen del aceite esencial en la parte graduada del aparato.

Procedimiento

- Conectar el agua de enfriamiento al refrigerante de la trampa de Clevenger.
- Pesar 250 gr de cáscara.
- Moler en licuadora.
- Incorporar al matraz y ponerle agua hasta la mitad del mismo.
- Poner a temperatura máxima durante 15-20 min. Y después bajar al nivel 4 de temperatura por 100 min.
- Medir cuantos ml de aceite te dio la destilación.
- Hacer los cálculos. Por ejemplo, La destilación te dio 0.2 ml de aceite, lo multiplicas por 4 para llevarlo a un kilo, después lo multiplicas por la densidad que en promedio es 0.86 y todo esto lo divides entre el rendimiento de cascara que generalmente es del 30%.

Expresión de Resultados

Densidad: 0.86

Datos tomados en laboratorio

Se Obtuvo 1.3 ml de aceite

Densidad: 0.86
Toneladas: 100

$$1.3 \times 4 \times 0.86 = 4.472 \text{ Kg/ton limón}$$

Si a la empresa entraron 100 ton de limón, entonces el contenido de aceite total seria:

$$4.472 \times 100 = 447.2 \text{ Kg de aceite.}$$

Determinación del Índice de Refracción

Según el apartado utilizado, el método se basa en la medida directa del ángulo de refracción; o bien en la observación del límite de reflexión total, manteniendo la sustancia dentro de condiciones de isotropismo y transparencia.

Aparatos y Equipos

Refractómetro. Utilizar un refractómetro que permita la lectura directa del índice de refracción entre 1.3000 y 1.7000 con una precisión de ± 0.0002 .

Ajustar el aparato mediante el empleo de una placa de vidrio de índice de refracción conocido y siguiendo las instrucciones dadas por el fabricante del aparato. Las determinaciones se efectúan con luz monocromática o, si el refractómetro está provisto de un dispositivo óptico compensador, se usa cualquier fuente luminosa.

Dispositivo para la estabilización de la temperatura. Utilizar un dispositivo idóneo para hacer circular, en el refractómetro, una corriente de agua que permita mantener el aparato a la temperatura de $20 \pm 0.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Procedimiento

Antes de depositar la muestra en el refractómetro, mantenerla a una temperatura próxima a la que se va a tomar lectura.

Hacer circular una corriente de agua en el refractómetro, con el objeto de que el instrumento esté a la temperatura a la cual se efectuarán las lecturas. Esta temperatura no debe diferir de la referencia por más de $\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y estar dentro de $\pm 0.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Colocar la muestra en los prismas limpios y secos. Esperar a que se estabilice la temperatura y efectuar la lectura.

Expresión de Resultados

El índice de refracción a la temperatura de referencia, esta dado por:

Cálculo

$$n \frac{t}{D} = n \frac{t'}{D} + F (t' - t)$$

En donde:

$n \frac{t'}{D}$ = Lectura tomada a la temperatura t' y a la longitud de onda del espectro del sodio (D).

F = Factor de corrección específico de cada aceite: Destilado: 0.00046

$t = 20^\circ\text{C}$

t' - Temperatura a la que se efectuó la lectura.

Los resultados se expresan hasta la cuarta cifra decimal.

Precisión

Dos o tres lecturas deben tener una tolerancia de ± 0.0002 .

Datos tomados en laboratorio

La base para calibración es el agua y se hace un ajuste si la temperatura es distinta a 20°C

La forma de calibración es colocar el agua destilada y posteriormente lograr una coloración homogénea en dos mitades del círculo (amarillo y negro) del refractómetro.

$T_0 = 22,5^\circ\text{C}$

$^{\circ}\text{Brix} = 74$

Índice de refracción = 1,4754

Corrección = $(22,5 - 20) * 0,0046 + 1,4754 = 1,4765$

Determinación de Densidad Relativa

El método consiste en pesar volúmenes iguales de agua y de muestra a la que se va a determinar la densidad relativa, bajo condiciones específicas de temperatura. (25°C).

Aparatos y Reactivos

- Picnómetro de 25 ml con termómetro y brazo lateral para aforo.
- Balanza analítica con precisión de 0.1 mg.
- Agua destilada recientemente hervida.
- Alcohol etílico de 95%
- Éter etílico.

Mezcla sulfocrómica. En un matraz aforado se colocan 35 ml de solución saturada de dicromato de potasio y se completa a 1000 ml con ácido sulfúrico concentrado.

Procedimiento

Se limpia cuidadosamente el picnómetro con mezcla sulfocrómica y se lava con agua. Se escurre y luego se enjuaga sucesivamente con etanol y éter etílico. Se seca interiormente utilizando una corriente de aire seco y exteriormente con un paño o papel filtro.

Se pesa con precisión de 0.0001 g el picnómetro tapado.

Se llena el picnómetro con agua destilada recientemente hervida evitando la formación de burbujas de aire seco. Se sumerge en un baño de agua a 25 ± 0.2 °C o la temperatura indicada en la Norma del aceite en cuestión, durante 30 minutos, controlando la temperatura del baño con el termómetro. Se enrasa, se extrae del baño, se tapa limpia y seca exteriormente.

Se pesa con precisión de 0.0001g el picnómetro tapado, se vacía y luego se lava con etanol y éter etílico. Se seca interiormente utilizando una corriente de aire seco y exteriormente con un paño seco o papel filtro.

Se llena el picnómetro con el aceite esencial, evitando la inclusión de burbujas de aire, se sumerge en el baño de agua a 25 ± 0.2 °C o a la temperatura indicada en la norma del aceite en cuestión, durante 30 minutos, controlando la temperatura del baño con el termómetro. Se enrasa y se procede como se detalla para el agua destilada.

Expresión de Resultados

La densidad relativa se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$D \frac{T \text{ } ^\circ\text{C}}{T \text{ } ^\circ\text{C}} = \frac{M_2 - M}{M_1 - M}$$

En donde:

M = peso de picnómetro vacío

M₁ = peso del picnómetro con agua

M₂ = peso del picnómetro con aceite esencial

$$D \frac{T \text{ } ^\circ\text{C}}{T \text{ } ^\circ\text{C}} = \text{Densidad relativa del aceite esencial a } T \text{ } ^\circ\text{C con respecto al agua a la misma } T$$

Los resultados se expresan hasta la tercera cifra decimal.

Si la determinación no se hace a la temperatura indicada para el aceite analizado, se hace la corrección correspondiente de acuerdo con la fórmula:

$$D \frac{T \text{ } ^\circ\text{C}}{T \text{ } ^\circ\text{C}} = D \frac{T \text{ } ^\circ\text{C}}{T \text{ } ^\circ\text{C}} + F(t - T)$$

En donde:

F = Factor de corrección

Destilado: 0.00057

T = 25 °C

t = Temperatura a la que se realizó la determinación

Datos tomados en laboratorio

Durante la colocación del aceite no se debe dejar ninguna burbuja. (10 -12 ml)

T mínima = 25°C

T₀ del aceite= 25,3 °C

Peso equipo inicial = 27,42182

Peso final de equipo y aceite = 35,73962

Peso del aceite= Peso final de equipo y aceite - Peso equipo inicial = 8,2953

Peso del agua = 9,6460

T₀ del agua = 25,3 ° C

Corrección = (8,2953/9,646) + (25,3-20)*0,00057

Densidad del aceite = 0,863

Determinación de la Rotación Óptica

El método está fundado en la propiedad que poseen los aceites esenciales de modificar el plano de vibración de la luz polarizada, de tal forma que el rayo emergente tiene un valor angular medible con respecto al plano formado por la luz incidente.

Aparatos e Instrumentos

POLARIMETRO

Utilizar un polarímetro de una precisión cuando menos igual a 0.03° (2'). Si el aparato está bien ajustado, se leerá 0° y 180° con agua destilada.

Ajustar el aparato con una lámina de cuarzo de rotación óptica conocida. Si no se tiene la lámina de cuarzo, utilizar a la temperatura de 20 °C una solución de sacarosa anhidra pura, conteniendo 26.00g en 100ml de disolución: La rotación óptica de esta disolución en tubo de 200 mm es de + 34.62° (34° 37' 12").

FUENTE LUMINOSA

Luz monocromática de vapores de sodio de longitud de onda de 589.3 ± 0.3 nm.

TUBOS POLARIMÉTRICOS

Cuando la medición de la rotación óptica deba ser efectuada exactamente a 20 °C, o a otra temperatura fija, se utilizan tubos con doble pared para circulación de agua y con una perforación para la introducción de un termómetro. Para efectuar la medición a la temperatura ordinaria, se usan tubos de cualquier tipo.

Los tubos de uso común son: de 100mm + 0.05 mm. Para aceites esenciales de coloración débil se utilizan tubos de 200 mm $\pm$ 0.05mm de longitud; para aceites esenciales muy coloreados, tubos de 25 o 50 mm $\pm$ 0.05 mm de longitud.

DISPOSITIVO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA TEMPERATURA

Con precisión de ± 0.2 °C.

TERMOMETRO

Utilizar un termómetro graduado en quintos o décimos de °C, que permita la determinación de temperaturas entre 10 y 30 °C.

Procedimiento

Se enciende la fuente luminosa y se espera a que alcance una buena luminosidad. Se llena el tubo polarimétrico con la muestra, previamente llevada a la temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Asegurándose de que no queden burbujas de aire.

Se coloca el tubo en el polarímetro y se toma la lectura de la rotación óptica

Cuando la temperatura ambiente del laboratorio esta fuera del intervalo limitado entre 17°C y 23°C, o cuando el producto contiene un porcentaje elevado de terpenos ópticamente muy activos, cuya rotación óptica es influenciada por la temperatura como en el caso de aceites esenciales cítricos, se utiliza un tubo polarimétrico con paredes dobles u con circulación de agua a 20°C. El cual se utilizó y después se introdujo un termómetro en el orificio central del tubo.

El resultado debe consistir una media de cuando menos tres lecturas que no difieran entre sí mas de 0.08° (5').

Expresión de los Resultados

Las rotaciones ópticas dextrógiras se indican con el signo positivo (+) y las levógiras con el signo negativo (-).

Si se utilizó un tubo de 200 mm, por lo tanto, se divide el resultado de la lectura entre dos. Se multiplica por dos, si se utilizó un tubo de 50 mm o por cuatro si el tubo fue de 25 mm.

La forma de expresar los resultados es:

$$\alpha_D^t$$

En donde:

D = Rotación óptica de la longitud de onda de la luz de sodio.

t = Temperatura empleada en °C.

Si la determinación no se hizo a 20 °C, se hace la corrección empleando el factor correspondiente al producto de que se trate y se calcula la rotación óptica de acuerdo con la fórmula:

$$\alpha_D^{20} = \alpha_D^t + F(t - 20)$$

F = Factor de corrección

Destilado: 0.1003

t = Temperatura en °C a la cual se realizó la lectura.

La rotación óptica se expresa en grados angulares y con una cifra decimal.

La radiación luminosa empleada debe tener una longitud de onda de 589.3 + 0.3 nm correspondiente a las radiaciones D₁ y D₂ del espectro del sodio.

La determinación se efectúa, generalmente a 20 °C ± 0.5°C y se informa a 20°C.

Si no se dispone de los tubos polarimétricos con pared doble para circulación de agua, se recomienda el empleo de factores de corrección correspondientes a los productos analizados.

Datos tomados en laboratorio

Se calibra con una coloración homogénea en dos mitades del círculo del instrumento.

Se necesita 100 ml de aceite

Dato = 35,35

T = 22.5

Resultado = 21,5 %

Determinación de Residuos a la Evaporación

El método se basa en la medición de la diferencia de pesos que sufre la muestra al pasar por un proceso de calentamiento controlado en el cual se evaporan las sustancias volátiles.

Aparatos e Instrumentos

Balanza analítica con sensibilidad de 0.0001g

Desecador

Baño de vapor con perforaciones de 70 mm de diámetro.

Cápsula de vidrio pírex u otro similar, de 80 mm de diámetro por 45 mm de altura.

Procedimiento

Se pesan en la cápsula tarada con precisión de 0.001 g, después de haberla calentado en baño de vapor por una hora y enfriada en el desecador, 5.0 gramos de muestra.

Se lleva la cápsula con la muestra al baño de vapor, en donde se deja ininterrumpidamente por seis horas, se saca del baño, se seca cuidadosamente con un material absorbente, cuidando de que no queden adheridas partículas extrañas. Se deja enfriar en el desecador durante media hora y se pesa.

Expresión de los Resultados

$$\% \text{ de residuo a la evaporación} = \frac{\text{Peso del residuo en gramos} \times 100}{\text{Peso de la muestra en gramos}}$$

Los valores se expresan hasta la primera cifra decimal.

Datos tomados en laboratorio

Peso de la muestra: 5gr.

Peso de los residuos: 0.032gr.

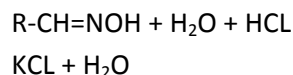
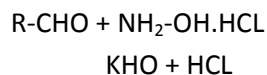
$$\% \text{ de residuo a la evaporación} = \frac{\text{Peso del residuo en gramos} \times 100}{\text{Peso de la muestra en gramos}} = \frac{0.032 \times 100}{5}$$

% de residuo a la evaporación = 0.64%

Determinación de Compuestos Carbonílicos.

Método del Clorhidratado de Hidroxilamina

Este método se basa en la reacción de los compuestos carbonílicos con el clorhidratado de hidroxilamina, en la cual libera ácido clorhídrico que se valora con álcali, de acuerdo con las siguientes reacciones.



Aparatos, Equipos y Reactivos

Balanza analítica de sensibilidad 0.0001g.

Potenciómetro (medidor de pH)

Agitador magnético

Vasos de precipitados de 100 ml.
2 Buretas de 50 ml.
Vidrios de reloj.

Los reactivos empleados en esta prueba deben ser de grado analítico a menos que se indique otra cosa. Cuando se habla de agua, se entiende agua destilada.

Alcohol terbutílico

Solución acuosa de hidróxido de potasio 0.1 o 0.5 N*

Solución de clorhidratado de hidroxilamina

Preparación.- Se pesan 45g de clorhidratado de hidroxilamina recristalizada y se disuelven en 130ml de agua destilada, se agita hasta disolución total. Se añade a esta solución lentamente, 850ml de alcohol terbutílico y se mezcla perfectamente; se neutraliza con solución acuosa de hidróxido de potasio 0.1 N hasta que el pH sea de 3.5 (ver inciso 10.1).

Procedimiento

En un vaso de precipitados se pesan 5g de muestra y se añaden 35ml de solución de clorhidratado de hidroxilamina, medidos con bureta. Se tapa con un vidrio de reloj, se deja con agitación por 15 minutos y se valora el ácido clorhídrico liberado con solución de hidróxido de potasio hasta pH de 3.5 (0.1 N para el aceite destilado y 0.5 N para los aceites centrifugados A y B).

Expresión de los Resultados

$$\% \text{ de compuestos carbonílicos} = \frac{a \times N \times meq \times 100}{p}$$

Donde:

a = Volumen de la solución de hidróxido de potasio empleado en la neutralización de la muestra en ml.

N = Normalidad de la solución de hidróxido de potasio.

P = peso de la muestra, en gramos.

meq = miliequivalencia del citral = 0.15223

La expresión de los resultados se hace hasta la primera cifra decimal.

Ajustar la solución de clorhidratado de hidroxilamina a pH de 3.5 antes de utilizarla.

Datos tomados en laboratorio

40 ml clorhidrato de mexilamina

Con KOH 0.1N, F= 1,0101-> se lleva a 3.5 pH

Peso total del vaso precipitado = 49,051

Peso total del vaso y aceite = 54,067

Peso del aceite = 5, 0158gr

35 ml de clorhidrato de mexalamina

$$X = (\text{Gasto KOH} \times 0,1 \times 1,0101 \times 0,15223) / 5,0158$$

$$\text{Gasto KOH} = 2,05$$

$$X = 0,63\% \text{ citral}$$

4.1.2. Cáscara Deshidratada de Limón

Control de humedad de la Cáscara

Este método consiste en la medición continua de la humedad de la cáscara. Este es uno de los controles de calidad de alta importancia pues la cáscara no puede estar ni muy húmeda (pues al pesar más la cáscara las pacas llevarían menos cáscara) ni muy seca (pues al pesar menos la cáscara, las pacas llevarían más de esta).

Equipos e Instrumentos

- AquaBoy
- Cubeta Receptora
- Recipiente Recolector
- Termobalanza

Procedimiento

Consiste en un control de calidad en el cual se controla la humedad de la cáscara, esta humedad no debía ser menor a 8% ni mayor a 10.6%, de acuerdo a los manuales HACCP. Además, se tiene que tener un control de la humedad de la cáscara porque si la cáscara está muy húmeda el cliente obtendrá menos cáscara que la requerida y si está muy seca la empresa está dando mucha cáscara, lo cual incurre en gastos adicionales. Estas mediciones se hacen con un equipo llamado “aquaboy”, aunque también se puede utilizar una termo-balanza. Se debe realizar:

- Tomar una muestra de cáscara deshidratada de limón con un recipiente recolector. (no se debe hacer con la mano, pues puede variar las lecturas del aquaboy)
- Llenar hasta aproximadamente la mitad el recipiente del aquaboy y cerrar con fuerza.
- Registrar la lectura medida con el aquaboy.
- La cáscara que sirvió de muestra se debe poner en un recipiente recolector.

Datos tomados en laboratorio

Toma1: 9.0

Toma2: 9.8

Toma3: 8.5

Toma4: 9.4
Toma5: 9.5
Promedio: 9.24

Control de pH

Este proceso consiste en un control de calidad en el cual se controla el pH del agua de reproceso, el agua de los lavadores y el agua que se obtiene después del último prensado.

Equipos e Instrumentos

- pHmetro
- Recipiente Recolector

Procedimiento

Este proceso es el mismo para todos los controles de pH:

- Con un recipiente recolector se toma una muestra aproximadamente de 50 ml del agua de reproceso, de los lavadores y el de los últimos prensados.
- Con el pHmetro se medirá por aproximadamente 15 segundos, se anotarán los resultados tanto de pH y de temperatura.
- Se devuelve la muestra a los canales de desperdicios.

Datos tomados en laboratorio

Toma1: 3.7
Toma2: 3.6
Toma3: 3.6
Toma4: 3.7
Toma5: 3.6
Promedio: 3.65

Control de grados Brix

Este proceso consiste en un control de calidad en el cual se controla el porcentaje de azúcar (Grados Brix) en el agua.

Equipos e Instrumentos

- Refractómetro
- Recipiente Recolector

Procedimiento

Este proceso es el mismo para todos los controles de grados brix:

- Con un recipiente recolector se toma una muestra aproximadamente de 50 ml del agua de reproceso, de los lavadores y el de los últimos prensados.
- En el refractómetro se coloca una pequeña muestra de agua y se cierra el prisma, se mide la lectura que registra el refractómetro
- Se devuelve la muestra a los canales de desperdicios.

Datos tomados en laboratorio

Toma1: 1.4

Toma2: 1.5

Toma3: 1.5

Toma4: 1.5

Toma5: 1.4

Promedio: 1.46

Control de tamaño de cáscara

Este proceso consiste en un control de calidad en el cual se controla el tamaño de la cáscara según los tamaños definidos por la empresa. Al igual que el control de humedad, este control de calidad es de alta importancia pues las partículas de cáscara no pueden ser muy grandes, por especificaciones del comprador.

Equipos e Instrumentos

- Tamizador
- Cubeta receptora
- Recipiente Recolector
- Balanza

Procedimiento

- Con un recipiente recolector se saca una muestra grande de cáscara deshidratada de limón.
- Se pesa aproximadamente entre 290 y 300 gramos de cáscara deshidratada de limón.
- Se pone en el tamizador y se comienza a girar lentamente por el lapso de un minuto.
- Se separan las partes del tamizador y se pesa el contenido de cada parte.

Datos tomados en laboratorio

Partículas <1mm	partículas >1mm <3mm	partículas >3mm <5mm	partículas >5mm <15mm	Partículas > 15mm
%	%	%	%	%
1.6	12.1	45.2	41.1	0.0
3.8	22.3	41.5	32.4	0.0
3.8	21.8	40.7	33.7	0.0
5.1	21.1	36.3	37.5	0.0
3.8	18.9	37.8	39.5	0.0
Promedio				
3.6	19.4	40.4	36.5	0.0

Cuadro N°11: DATOS TOMADOS EN LABORATORIO
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

Control de color de cáscara

Este proceso consiste en un control de calidad el cual se controla el color de la cáscara pues esta no puede ser ni muy oscura (quemada) ni muy clara. Este control se debe realizar cada vez que se mide la humedad.

Equipos e Instrumentos

- Indicadores de color de cáscara

Procedimiento

- Se tomaba una muestra de cáscara deshidratada de limón, la cual se compara con los indicadores de colores de la cáscara y se determina el color de esta.

Datos tomados en laboratorio

Toma1: 2.5
Toma2: 2.5
Toma3: 2.5
Toma4: 2.5
Toma5: 2.5
Promedio: 2.5

Control de relación agua-cáscara

Este proceso consiste en un control de calidad el cual se controla la relación de agua y cáscara que hay en los lavadores.

Equipos e Instrumentos

- Balde
- Malla
- Balanza

Procedimiento

- Con el balde se toma una muestra de los lavadores.
- Con la malla se extrae toda el agua del balde, sin botar la cáscara.
- Se pesa la cáscara seca y se saca la relación cáscara agua.

Datos tomados en laboratorio

Rel. Agua	Rel. Cáscara
%	%
71.6	28.4
67.9	32.1
65.9	34.1
65.7	34.3
61.9	38.1
Promedio	
66.6	33.4

Cuadro N°12: DATOS TOMADOS EN LABORATORIO
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

4.1.3. Jugo Turbio Concentrado de Limón

Control de pH

Este parámetro consiste en controlar el grado de potencial hidrógeno, es decir medir la acidez del jugo, el jugo turbio concentrado de limón tiene que tener una acidez que se asemeje a la del limón fresco.

Equipos e Instrumentos

- pHmetro
- Recipiente Recolector
- Potenciómetro

Procedimiento

- Calibrar el potenciómetro con soluciones Buffer de pH 4.0 y 7.0
- Tomar la muestra en un vaso de 50 o 100 ml y sumergir adecuadamente el electrodo del potenciómetro dentro de la muestra.
- Ajustar la temperatura, encender el potenciómetro y realizar la lectura del pH con exactitud de 0.01 en el caso de jugos, pulpa y extractos a 20°C, otros a 25°C

Datos tomados en laboratorio

Toma1: 1.9

Toma2: 1.8

Toma3: 1.9

Toma4: 1.9

Toma5: 2.0

Promedio: 1.9

Control de Grados Brix

Este parámetro consiste en medir el porcentaje de azúcar que debe tener el jugo, el jugo turbio concentrado de limón debe estar en un rango de 44-55 °Brix.

Equipos e Instrumentos

- Refractómetro con escala de grados Brix
- Termómetro de mercurio.

Procedimiento

- Calibrar el instrumento utilizando agua destilada o una solución de °Brix conocido a 20°C
- Lavar y secar los prismas del refractómetro utilizando agua destilada y un paño suave. Evitar dañar los prismas
- Llevar la temperatura de la muestra a 20°C para el caso de jugos de pulpa, aplicar una pequeña porción sobre el prisma de medición con una cuchara, cerrar el prisma y esperar aproximadamente un minuto hasta que la temperatura sea uniforme.
- Observar a través del lente del instrumento ajustando éste para obtener una línea de división bien definida entre las zonas claras y oscuras.
- Tomar la lectura en la escala de grado brix cuando logre hacer coincidir la línea divisoria con la intersección de las líneas cruzadas "X"

Datos tomados en laboratorio

Refractómetro = 52,4 °Brix

T0 = 26 °C

529/12,46 = 42,46

42,56 → corrección 7,48 (Tabla de °Brix – Acidez)

→ ° Brix Corregido por acidez = 52,4 + 7,48 = 59,88

Control de Acidez (GPL)

Esta norma establece un método para la determinación de la acidez total de una muestra de jugo turbio concentrado de Limón.

Equipos e Instrumentos

- Vaso de precipitación (beaker) de 100 ml
- Pipeta de 10 ml.
- Bureta de 20 ml. (cero automático)
- Potenciómetro o pH – neutro
- Balanza analítica
- Agitador Magnético

Procedimiento

- Pesar 1 a 2 gramos de producto, con precisión de 0.0001 gr (maracuyá, limón, toronja; 10 gramos para el caso de tamarindo) en un vaso de 100 ml.
- Agregar 30 ml aproximadamente de agua destilada y agitar bien.
- Introducir electrodos del potenciómetro previamente calibrado con soluciones Buffer de pH 4.0 y pH 7.0.
- Ajustar la temperatura en el instrumento y titular con agitación constante usando NaOH 1.0N hasta que el potenciómetro indique pH de 8.1 a 8.2
- Registrar el gasto de NaOH 1.0 N utilizado en la titulación

Expresión de los Resultados

$$\% \text{ P/P Ácido Cítrico} = \frac{\text{Gasto NaOH} * F * 0.064 * 100}{\text{peso muestra}}$$

$$\% \text{ P/V Ácido Cítrico} = \frac{\text{Gasto NaOH} * F * 0.064 * 100 * \text{Dens}}{\text{peso muestra}}$$

Datos tomados en laboratorio

Densidad del jugo = 1,246

GLP = 528

-Peso del vaso = 49,2130 gr.

-Peso del jugo turbio (Debe ser aproximadamente 2 gr) = 2,0365

-Se realiza una dilución hasta 30 ml en un vaso precipitado y posteriormente le agregamos un agitador

-Llevamos la sustancia desde un pH = 2,39 a un pH = 2,35

- NaOH: 1N

F = 1,0021

Le agregamos NaOH con pH 8,36; terminamos de titular
3,15 gasto de NaOH

$$\% \text{ P/V Ácido Cítrico} = \frac{\text{Gasto NaOH} * F * 0.064 * 100 * \text{Dens}}{\text{peso muestra}} = \frac{13.5 * 1.0021 * 64 * 1.246}{2.0365}$$

% P/V Ácido Cítrico = 529.7347 GLP → 5,297 GLP/100 gr.

Rango: 520 – 530

Contenido de pulpa

Este parámetro nos sirve para medir el porcentaje de pulpa de limón que hay presente en el jugo, este porcentaje debe ser especificado por el cliente, generalmente debe estar alrededor del 10%.

Equipos e Instrumentos

- Tubos de centrifuga de fondo cónico graduados de 15 ml.
- Centrífuga de Laboratorio.

Procedimiento

- Reconstituir la muestra adicionando el agua necesaria (Maracuyá a 15 °Bx, Limón a 8 °Bx, Tamarindo a 13 °Bx, Toronja a 12 ° Bx, Tuna 12 ° Bx, Camu Camu a 6.5 ° Bx)

Expresión de los Resultados

Después de la centrifugación de la superficie de la pulpa estará desigual. Tomar la lectura en ml en el punto más alto y en el punto más bajo y promediar las dos lecturas; así se obtendrá la cantidad de pulpa suspendida en cada tubo.

La lectura multiplicada por 10 dará el porcentaje de pulpa suspendida en la muestra.

Donde:

$$G = 11.18 R N2$$

R: Radio en cm medido horizontalmente desde el eje de la centrífuga al fondo del tubo extendido horizontalmente

N: Velocidad por minuto dividido entre 1000

Llevar la temperatura de la muestra a 25°C ya que de esta manera se evita que afecte la lectura de los sólidos centrifugados.

Datos tomados en laboratorio

2 gramos de jugo

Se realiza una dilución con 30 ml de agua

Densidad del jugo turbio = 1,246

GLP (gramos por litro)= 530

-Dilución: Determinación de pulpa en la centrífuga; llevándolo a 8 °Brix

-Centrifugado a 1500 rpm y durante 10 minutos

-Se determina la pulpa: 5,2% (Si no está dentro del rango se puede reducir con la centrífuga o Finisher)

Control de Partículas Negras

Son producto del proceso o materiales extraños, los cuales se deben controlar para que el producto sea limpio y de calidad, cumpliendo las normas sanitarias.

Equipos e Instrumentos

- Pieza cuadrada de 20 x 20 cm de cerámica blanca
- Pipetas de 10 ml

Procedimiento

- Lavar y secar la pieza de cerámica blanca, cuidando que no haya presencia de puntos extraños.
- Tomar 10 ml de producto y distribuirlo por mililitros sobre la superficie blanca, de modo que se obtenga 10 lecturas.
- Cuidadosamente distribuir las muestras en capas o laminas finas para lograr una mejor identificación de las partículas negras
- Realizar el conteo considerando aquellas partículas perfectamente perceptibles a la vista y de un tamaño entre 0.3 y 0.5 mm

Datos tomados en laboratorio

Toma1: 5

Toma2: 17

Toma3: 8
Toma4: 10
Toma5: 12
Toma6: 11
Toma7: 16
Toma8: 17
Toma9: 15
Toma10: 18

Promedio: 12.9 negras/ml

Control Organoléptico

Este control se hace por simple inspección.

Olor y Sabor: Este parámetro nos sirve para controlar que el jugo tenga las características de limón fresco; sin sabores extraños, a amargo o cocido y libre de fermentos.

Color y apariencia: El jugo debe tener el color del zumo de limón verde, además su apariencia debe tener la textura de limón con pulpa.

4.2. Análisis de Resultados

4.2.1. Aceite Esencial de Limón

Parámetro a medir	Valor medido	Valor Pedido	Cumplimiento
Método de Clevenger			
Índice de Refracción	1.4765	1.4745 – 1.4770	Cumple
Densidad relativa	0.863	0.855 – 0.863	Cumple
Rotación Óptica	35.83	36.08075	Cumple
Residuos a la evaporación	0.64%	0.2 – 2.2%	Cumple
Compuestos Carbonílicos	0.63%citral	0.5 – 2%	Cumple

Cuadro N°13: ANÁLISIS DE RESULTADOS

ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

4.2.2. Cáscara Deshidratada de Limón

Parámetro a medir	Valor medido	Valor Pedido	Cumplimiento
Humedad de cáscara	9.24	8 – 10%	Cumple
pH	3.65	3.2 – 4.5%	Cumple
Grado Brix	1.46	1.2 – 1.9%	Cumple

Tamaño de cáscara	<1mm = 3.6% <5mm=59.8% >5mm<15mm =36.5%	<1mm = 8% <5mm=50% >5mm<15mm =42%	Cumple
Color de cáscara	2.5	2-3	Cumple
Relación Agua Cáscara	Agua 66.6% cáscara 33.4%	(simple control)	Cumple

Cuadro N°14: ANÁLISIS DE RESULTADOS

ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

4.2.3. Jugo Turbio Concentrado de Limón

Parámetro a medir	Valor medido	Valor Pedido	Cumplimiento
pH	1.9	1 - 3	Cumple
Grado Brix	59.88	56 – 54	Cumple
Ácidoz GLP	529.73	520 – 530	Cumple
Contenido de Pulpa	5.2%	<8%	Cumple
Partículas Negras	12.9	<20	Cumple
Organoléptico	inspección	inspección	Cumple

Cuadro N°15: ANÁLISIS DE RESULTADOS

ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

5. Capítulo V: Ingeniería del Proyecto

5.1. Diseño de Planta

5.1.1. Descripción de la Planta

La planta procesadora de limones GreenLemon S.A. procesará el limón en tres productos bandera:

- Aceite Esencial de Limón.
- Cáscara Deshidratada de Limón.
- Jugo Turbio Concentrado de Limón.

La planta contará con un departamento de producción en el que se desarrollará cada uno de los procesos de manera independiente (el único punto que alimenta a los tres procesos es donde se exprime la materia prima, de donde sale dos componentes: la micela que va para elaborar el aceite esencial y el jugo turbio concentrado de limón y la cáscara que va para elaborar la cáscara deshidratada de limón), asegurando la calidad del producto final. Este departamento se encargará de organizar, supervisar el adecuado funcionamiento de estas tres áreas, es decir, de cada uno de los procesos, así como es el encargado de designar las obligaciones para cada uno de los trabajadores y/o operarios. Además se requerirá de un jefe de control de calidad quien se encargará de supervisar y controlar los procesos y verificar que se cumplan con todas las condiciones necesarias para la obtención de un producto de muy buena calidad que satisfaga las necesidades de los clientes.

Además la planta contará con las siguientes áreas, las cuales fueron determinadas por simple inspección en las visitas técnicas realizadas a la empresa Limones Piurano SAC y por juicio de expertos:

- **Patio de maniobras:** área amplia de la empresa en donde se realizan distintas funciones como la recepción de camiones, despacho de camiones con productos terminados u otra maniobra que se tenga que realizar. Debe de ser aproximadamente de 30mx35m y es el área en donde se realiza el despacho de camiones con productos terminados.
 - **Recepción de camiones:** debe ser de por lo menos 30mx25m y estar en condiciones higiénicas para la recepción y acopio de la materia prima (limón sutil) a utilizar. Deberá estar ubicada en el lado opuesto del área de despacho de los productos.
 - **Despacho:** es el área de servicio para el despacho de los productos terminados; debe ser aproximadamente de 30mx15m y estar en condiciones higiénicas.
- **Almacén de materias primas:** área de la planta en donde se almacenan o guardan las materias primas recibidas en la recepción de camiones.

- **Almacén de productos terminados a temperatura ambiente:** área de la planta en donde se almacenan o guardan los productos terminados a una temperatura ambiente, especialmente para la cáscara deshidratada de limón y el aceite esencial de limón.
- **Almacén de productos terminados en frío:** área de la planta en donde se almacenan o guardan los productos terminados en temperatura fría, especialmente para jugo turbio concentrado de limón.
- **Oficinas de acopio, administración y producción:** estas oficinas deberán estar alejadas de las áreas de producción, dado que se realizan funciones administrativas.
- **Línea de producción de jugo turbio concentrado de limón:** área en donde se realiza el proceso de conversión de la materia prima (limón sutil) en jugo turbio concentrado de limón.
- **Línea de producción Planta de secado de cáscara deshidratada de limón:** área en donde se realiza el proceso de conversión de la materia prima (limón sutil) en cáscara deshidratada de limón.
- **Línea de producción de aceite esencial de limón:** área en donde se realiza el proceso de conversión de la materia prima (limón sutil) en aceite esencial de limón.
- **Laboratorio de control de calidad:** área de la empresa en donde se realizan los experimentos para controlar la calidad de los productos terminados.
- **Comedor:** área de la empresa en donde los empleados reciben la comida diaria.
- **Mantenimiento:** área de la planta en donde se realizan las funciones de mantenimiento y donde se encuentran las herramientas y equipos necesarios para asegurar el mantenimiento de las plantas de producción de los distintos productos.
- **Servicios higiénicos:** deben contar con todo el equipo necesario para que los empleados manipulen higiénicamente los productos. Así como deben mantenerse limpios y en buen estado. Además sus puertas no deben abrir directamente hacia las áreas de proceso. Debe existir un área de vestidores dentro de los servicios higiénicos para que los empleados puedan cambiarse de ropa cada vez que ingresen a la planta de proceso. Estos deben estar separados de la planta.

5.1.2. Ubicación y Localización de la Planta

La localización se torna como un aspecto importante del proyecto pues consiste en indicar el punto exacto de ubicación de la infraestructura de la planta procesadora de limón. Dicha infraestructura se encuentra ubicada en el margen izquierdo del río Chira, sector Cieneguillo centro (a la altura del cruce de la Chavela) a cinco minutos de la ciudad de Sullana del departamento de Piura.

Esta localización fue escogida debido a las características favorables con las que cuenta la Provincia de Sullana y gracias al juicio de expertos.

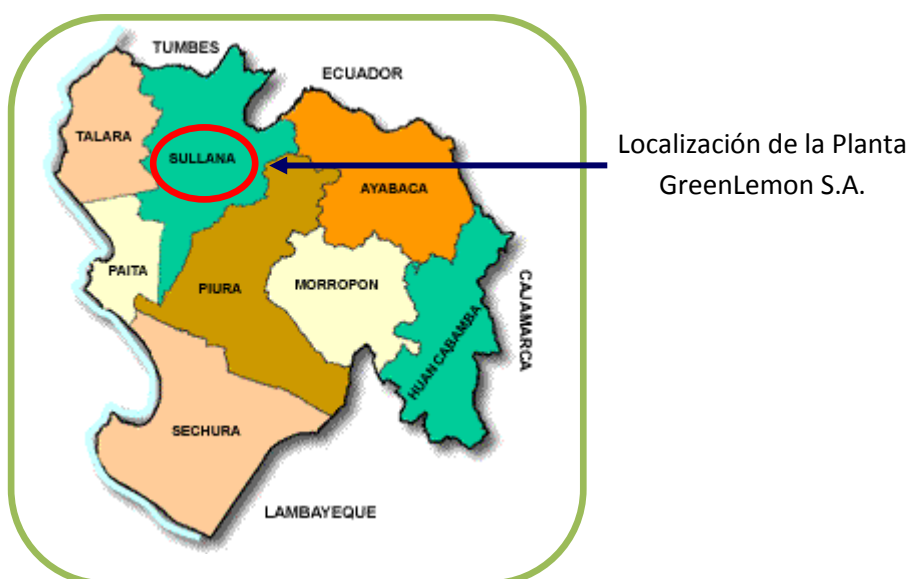


FIGURA N° 17: MAPA DEL DEPARTAMENTO DE PIURA
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

A continuación se presentan algunos datos característicos de la provincia de Sullana, en el cual se muestra que es una ubicación adecuada para la producción de limón sutil en sus diferentes variantes (aceite esencial de limón, cáscara deshidratada de limón y jugo turbio concentrado de limón), siendo una localización favorable para la ubicación de la planta.

Datos Biofísicos de la Provincia de Sullana	
Clima	Tropical, predominantemente con una temperatura media de 24°C., llegando la máxima casi a los 35°C. y la mínima a los 15° C.
Periodo de lluvia	Diciembre a Marzo
Periodo seco	Abril a Noviembre
Recursos Hídricos	Río Chira y Río Quiroz

Cuadro N°16: DATOS BIOFÍSICOS DE SULLANA
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

5.1.3. Distribución de las Áreas en Planta

Para realizar esta distribución se realizará un **análisis relacional**, que consistirá en ubicar las distintas áreas en un "gráfico de lápiz" y obtener relación entre ellas con un rango de criterio, que va desde la proximidad necesaria hasta la proximidad no deseable.

Los pasos a seguir para la elaboración de la distribución son los siguientes:

1) Se define los códigos de proximidad a utilizar:

Código	Proximidad	Nº Líneas	Color
A	Absolutamente Necesario		Rojo
E	Especialmente Necesario		Amarillo
I	Importante		Verde
O	Normal		Azul
U	Sin Importancia		
X	No deseable		Plomo
XX	Altamente no deseable		Negro

Cuadro N°17: Tabla de Códigos de Proximidad
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

La tabla de códigos de proximidad nos servirá para completar el análisis de acuerdo a los criterios y el tipo de líneas correspondiente como se observará más adelante. Se define un rango desde absolutamente necesario, representada con 4 líneas rojas hasta una proximidad altamente no deseable, que se representa con curvas en zigzag de color negro.

2) Definimos las distintas razones por las cuales se escogerá la proximidad entre las áreas:

Código	Razón
1	Secuencia de Proceso
2	Recepción y Despacho
3	Excesivo Ruido
4	Servicio
5	Flujo de Materia Prima y Producto Terminado

Cuadro N°18: Tabla de Códigos de Proximidad
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

Esta tabla muestra los criterios del porqué se escogen el tipo de proximidad presentada en el paso 1. Este criterio junto al criterio de proximidad se ubicarán de acuerdo a cada área presentada en la planta, es decir, en el "diagrama de lápiz".

- El código 1, representa los procesos que tendrán secuencia, en este caso la secuencia de las líneas de aceite, cáscara deshidratada y jugo turbio.

- El código 2, representa el transporte de los vehículos ya sea en el área de recepción o en el área de despacho.
- El código 3, representa las áreas que no deberían estar juntas por los ruidos generados por una de estas.
- El código 4, representa áreas de servicios tanto al personal como a clientes.
- El código 5, representa el flujo de materiales, el cual se debe tener en cuenta para la distribución.

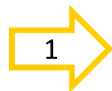
3) Identificamos los símbolos a utilizar en la distribución y la actividad que representará:

Símbolo	Color	Actividad
	Verde	Operación, proceso o fabricación
	Amarillo	Transporte
	Naranja	Almacenaje
	Azul	Control
	Azul	Servicios
	Pardo	Administración

Cuadro Nº19: Identificación de Actividades
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

La tabla nos ayudará a definir qué actividad representa cada área y su símbolo respectivo como se muestra en el siguiente paso.

4) Identificamos el símbolo de cada una de las distintas áreas:

Áreas	Símbolo
1. Recepción de Camiones	

2. Despacho	
3. Almacén de materias primas	
4. Almacén de Productos Terminados a temperatura ambiente (Cáscara y Aceite)	
5. Almacén de Productos Terminados en frío (Jugo)	
6. Oficinas de Acopio, Administrativa y de Producción	
7. Plante de Jugo Turbio	
8. Planta de Secado de Cáscara	
9. Planta de Aceite de Limón	
10. Laboratorio de Control de Calidad	
11. Patio de Maniobras	
12. Comedor	
13. Mantenimiento	
14. Servicios Higiénicos	

Cuadro Nº20: Símbolos de las áreas

ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

Con la tabla de identificación de símbolos de las áreas podemos comenzar a realizar el "diagrama de lápiz" y posteriormente la distribución final de la planta.

5) Realización del Diagrama de Lápis:

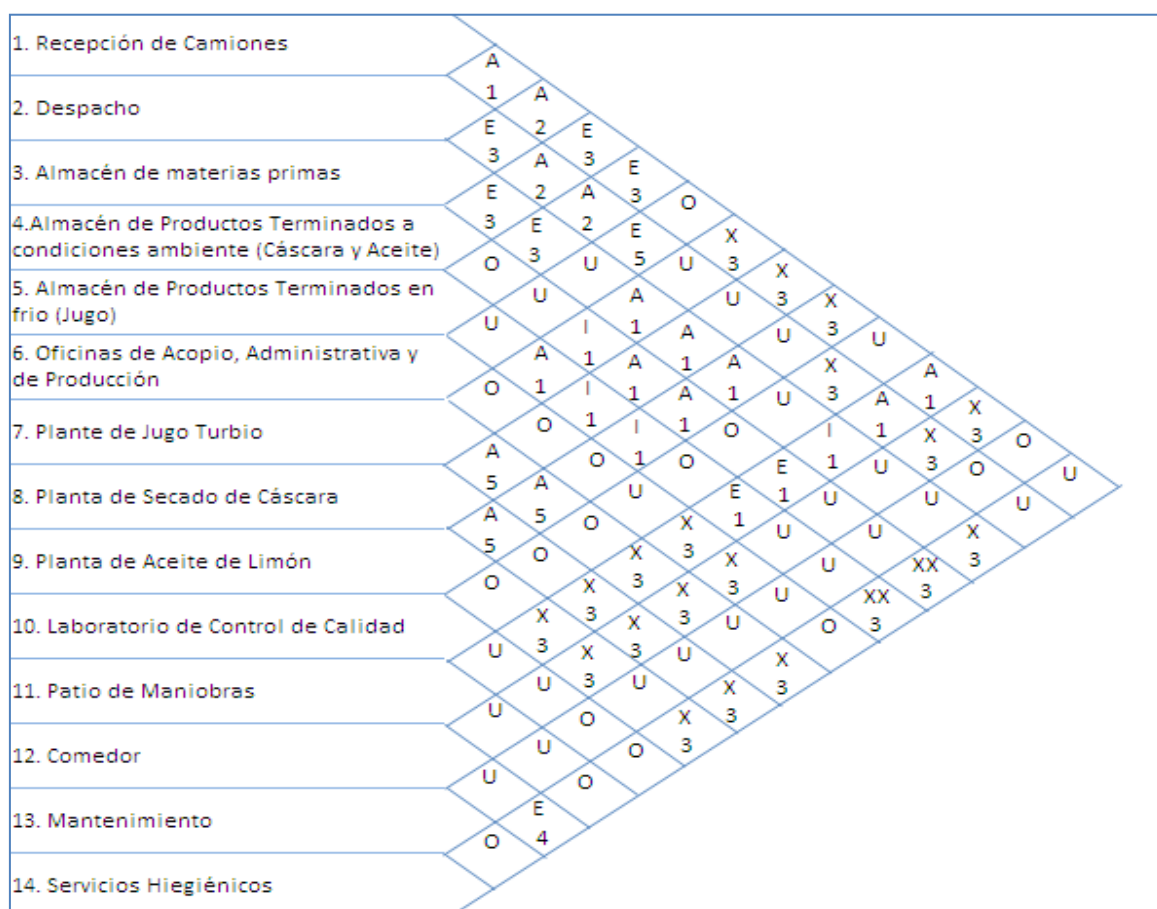
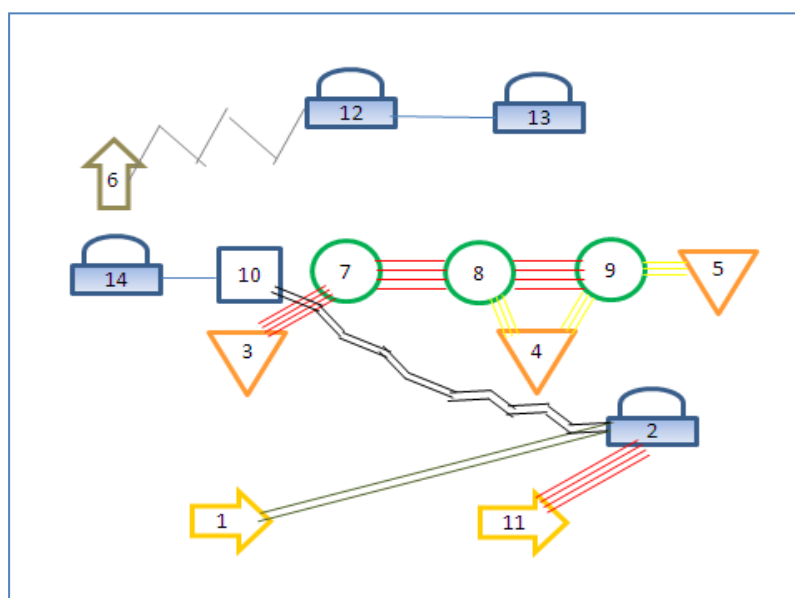


Gráfico N°7: Diagrama de Lápis

ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

El diagrama de lápiz, se expresa todas las relaciones de las distintas áreas que se presentará en la empresa con sus códigos de proximidad y las razones por las que se pone.

6) Distribución de las áreas en planta:



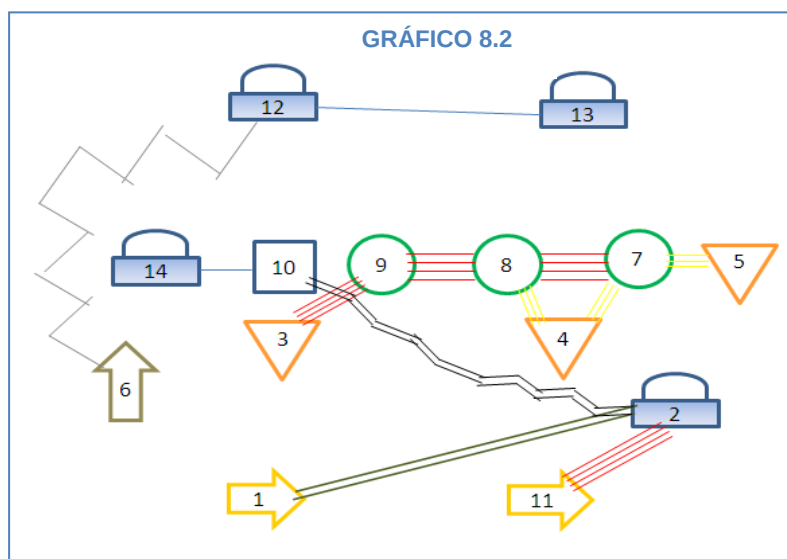


Gráfico N°8: Distribución de las áreas en la Planta
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

El proceso de elaboración del gráfico se realizó en forma gradual, hasta obtener la mejor distribución de acuerdo a las restricciones de proximidad.

Por ejemplo tenemos el gráfico 8.1 comparado al gráfico 8.2; los cuales se diferencian básicamente por el flujo del proceso de las líneas de producción donde el gráfico 8.2 tiene el verdadero flujo, siendo primero la línea del aceite, luego la de secado de cáscara y posteriormente la de jugo turbio para que así el producto de este último proceso llegue al almacén en frío (5) con el menor desplazamiento posible. Además el área de oficina en el gráfico 8.2 se encuentra cercano al área de recepción de camiones debido a que no se puede aceptar que los clientes ingresen hacia el interior de la planta (al fondo como se muestra en el gráfico 8.1) ya que se compromete la seguridad de la empresa.

El gráfico 8.2 muestra la distribución final en la planta con su respectiva simbología.

Además se ha realizado un bosquejo de la distribución en planta en 3D, las cuales se muestran en el Anexo N°1, tomadas para su visualización de acuerdo a las distribuciones anteriormente diseñadas. Y se ha realizado el bosquejo de la distribución en planta en un plano que se muestra en el Anexo N°2.

5.1.4. Requerimiento de Maquinaria

- 1) Prensa: en donde un tornillo helicoidal tritura la fruta en forma homogénea obteniéndose por un lado la micela y por otro lado la cáscara.

- 2) Bomba de succión: bomba requerida para transportar el líquido resultante de la trituración del limón.
- 3) Alambique: es un aparato utilizado para la destilación de líquidos mediante un proceso de evaporación por calentamiento y posterior condensación por enfriamiento.
- 4) Condensador: intercambiador de calor entre fluidos, de modo que mientras uno de ellos se enfría, pasando de estado gaseoso a estado líquido, el otro se calienta.
- 5) Vaso florentino: vaso en el que se depositará el aceite esencial de limón mezclado con agua, en este vaso se espera que se separen por diferencia de densidades para poder separarlos posteriormente.
- 6) Caldero: es un recipiente de fondo cóncavo y preferentemente metálico, de menor tamaño que la caldera, provisto de una o dos asas y utilizado para calentar y acarrear todo aquello que pueda contener.
- 7) Bandas transportadoras: bandas por las cuales se transportarán los productos en proceso de una máquina hacia otra.
- 8) Cangilones: depósitos que transportan la materia prima desde las zanjas de recepción hacia las máquinas de lavado.
- 9) Lavadores: máquinas encargadas de lavar cáscara del limón, el lavado se realiza con agua en una especie de cilindros rotatorios.
- 10) Striper: se encarga de reprocesar el producto para obtener aceite que se haya podido quedar después de realizado el proceso normal de obtención de aceite.
- 11) Balanza: se encargan de pesar los cilindros de aceite esencial de limón y los sacos de cáscara deshidratada de limón.
- 12) Tornillo sinfín: dispositivo que sirve para transportar los productos en procesos como la cáscara después de haber pasado por el proceso de triturado.
- 13) Cilindro rotatorio secador: cilindro utilizado para el secado de la cáscara del limón para la obtención de la cáscara deshidratada.
- 14) Molino: maquinaria utilizada para cortar la cáscara de limón después del proceso de exprimido, estos cortes deben ser menores de 15 mm.
- 15) Tolvas: tolvas de recepción de la cáscara de limón deshidratada, se almacenan en estas tolvas para su futuro proceso de envasado.

- 16) Zarandas: maquinaria que es parte del proceso de lavado de la cáscara de limón; la cáscara pasa por dos procesos de lavado y después de cada lavado pasa por las zarandas para separar el agua de la cáscara, son como coladores.
- 17) Ciclón: extractor que absorbe los vapores resultantes del proceso de secado de la cáscara de limón.
- 18) Enfriador: cilindro rotatorio en el que ingresa la cáscara deshidratada después del proceso de secado, entra al enfriador para que la cáscara baje su temperatura y así poder realizar en control de calidad.
- 19) Evaporador: intercambiador de calor donde se produce la transferencia de energía térmica desde un medio a ser enfriado hacia el fluido refrigerante que circula en el interior del dispositivo, torre evaporadora por la cual se obtiene el jugo turbio de limón.
- 20) Pasteurizador: máquina donde al jugo se le incrementa la temperatura y se mantiene por un lapso de tiempo. Esta operación incluye el enfriamiento del jugo antes del almacenamiento en el tanque de balance.
- 21) Tanque de balance: el jugo pasteurizado y enfriado es almacenado en un tanque de acero inoxidable, con la finalidad de tener jugo suficiente para ser bombeado en forma continua al concentrador.
- 22) Grupo electrógeno: varios motores de combustión interna que son usados para generar energía eléctrica.

5.2. Diseño del Proceso

En esta sección se explicará a detalle el diseño de cada proceso de la línea de producción de la planta procesadora de limones para extraer los tres diferentes productos: aceite esencial de limón, cáscara deshidratada de limón y jugo turbio concentrado de limón.

5.2.1. Proceso de Extracción del Aceite Esencial de Limón

5.2.1.1. Descripción del Proceso

Recepción

Recepción de la materia prima en las tolvas.

Inspección y Selección de fruta

En este proceso la materia prima que ingresa pasará por un proceso de inspección para evitar que se pasen objetos extraños que puedan malograr las máquinas, además se seleccionará la fruta que no esté malograda, pues los limones muy malogrados pueden dañar el proceso.

Transporte en cangilones¹³

Se lleva la materia prima a la zona de micela donde posteriormente será exprimida y comenzará el proceso de obtención de aceite esencial de limón. Esta zona es donde llega la materia prima y luego de exprimirla salen dos componentes: la micela, que es el jugo que sale para los procesos de aceite esencial y jugo turbio concentrado de limón, y la cáscara, para el proceso de cáscara deshidratada de limón.

Lavado y Cepillado

La materia prima pasará un proceso de lavado, para eliminar cualquier suciedad que pueda tener esta, posteriormente irá a un proceso de cepillado para eliminar la suciedad que no fue removida en el lavado.

Prensado

Este proceso ayuda a exprimir el limón para obtener una emulsión, la cual será rica en aceite y jugo de limón. Esta emulsión se enviará a las piscinas de micela.

Extracción

Se extrae la micela y se transportará la micela hacia los alambiques para comenzar el proceso de destilado.

Destilación

Este proceso consiste en separar mediante vaporización y condensación los diferentes componentes líquidos de la micela, aprovechando los diferentes puntos de ebullición de cada una de las sustancias; ya que el punto de ebullición de cada sustancia es distinto.

Almacenamiento en vaso florentino

Después del proceso de destilado queda una mezcla de agua y aceite las cuales al ser ingresadas al vaso florentino y por efecto de la densidad se separará el agua del aceite.

Decantación

Este proceso sirve para eliminar cualquier residuo sólido que esté presente en el aceite, y así obtener un aceite limpio y libre de sólidos sedimentables.

Llenado/Pesado /Cerrado

Se llenarán los cilindros con 185 litros de aceite esencial de limón el cual será pesado incluyendo la tara del cilindro. El sellado debe ser hermético para evitar posible contaminación del producto.

Etiquetado

Los cilindros son identificados con una etiqueta en la cual se lleva las características físicas del producto, así como el nombre comercial del producto. En algunos casos según lo requiera el cliente los cilindros son pintados con las características que ellos soliciten.

¹³ En ingeniería, se denomina cangilón a la pieza de carga de los sistemas para transporte vertical de material a granel. (Wikipedia, 2012)

Almacenamiento

Los cilindros cerrados e identificados son acondicionados en parihuelas y almacenados a temperatura ambiente.

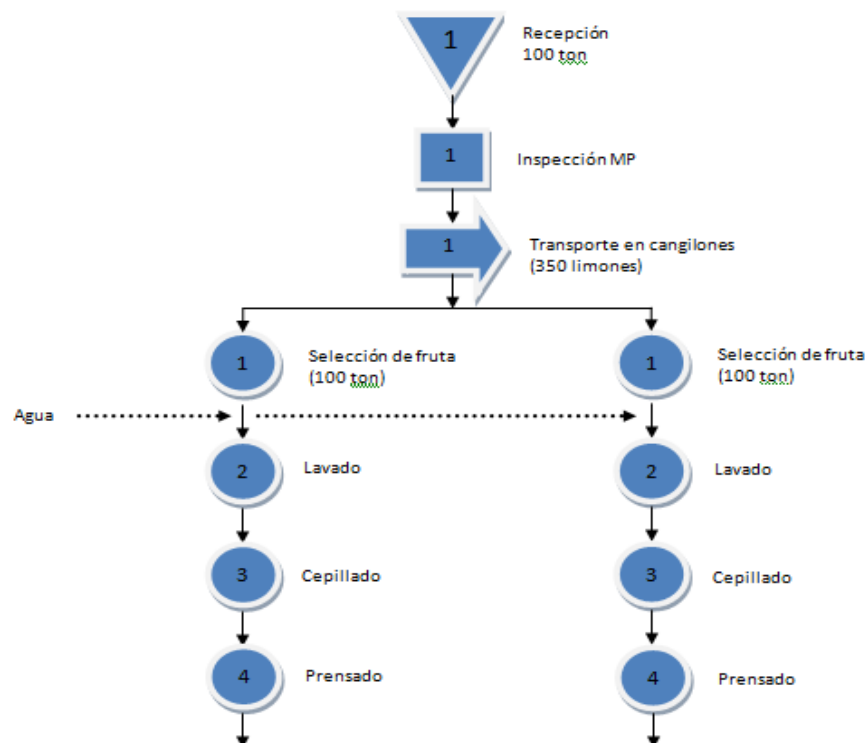
Marcaje

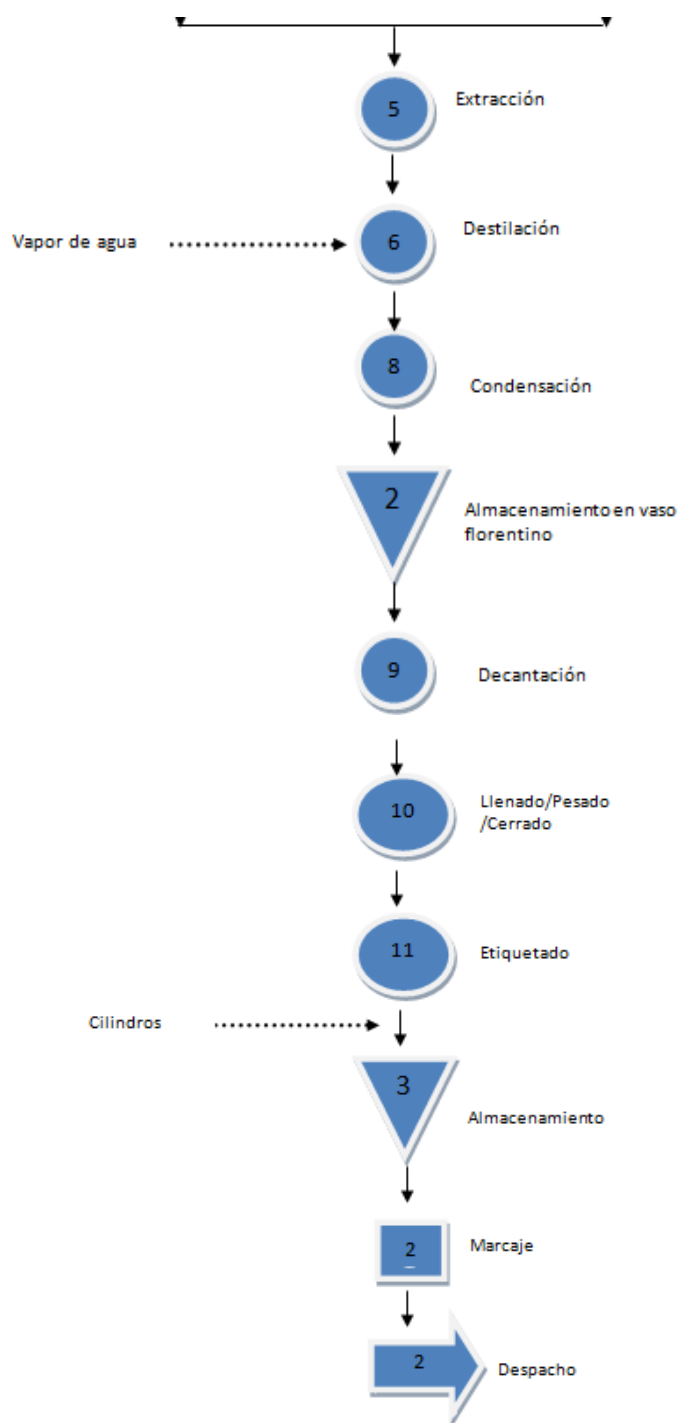
Los cilindros son marcados con datos como peso neto, bruto, fecha y lote de producción según los requerimientos del cliente.

Despacho

Es el envío de productos que cumple con las especificaciones del cliente, en contenedores a temperatura ambiente.

5.2.1.2. Diagrama de Flujo del Proceso





Resumen Diagrama de Flujo del Aceite Esencial de Limón

Operación	11
Inspección	2
Transporte	2
Espera	0
Almacenamiento	3

*La selección de fruta se divide en dos espacios pro separado debido a la gran cantidad de materia prima que ingresa.

5.2.1.3. *Diseño de la línea*

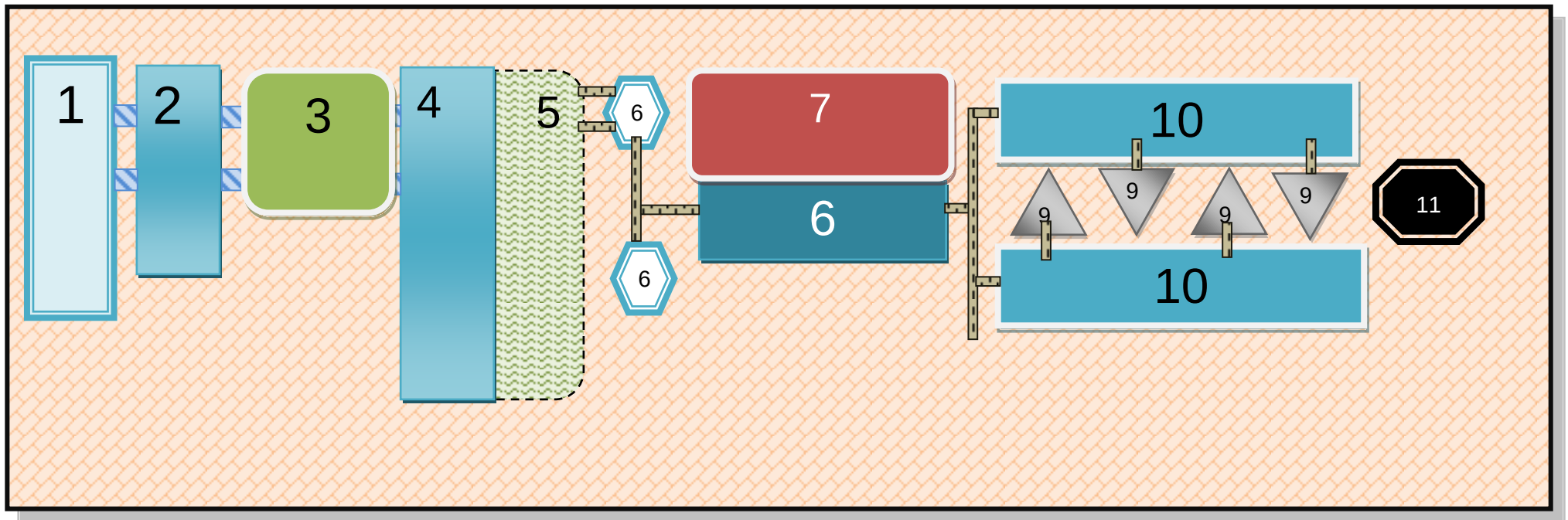


FIGURA N° 18: DISEÑO DE LA LÍNEA DE ACEITE ESENCIAL DE LIMÓN
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

- | | |
|---|--------------------|
| 1. Tolvas de recepción | 7. Caldero |
| 2. Torre elevadora de cangilones | 8. Destiladora |
| 3. Lavadora aspersora y cepillado | 9. Vaso florentino |
| 4. Prensadora | 10. Condensador |
| 5. Zaranda de almacenamiento de la micela | 11. Balanza |
| 6. Bombas de extracción de la micela | |

5.2.2. Proceso de Deshidratación de Cáscara de Limón

5.2.2.1. Descripción del Proceso

Recepción

La cáscara húmeda obtenida en la planta a partir del primer proceso donde se exprime la materia prima, donde salen la micela y la cáscara, es almacenada en tolvas para su proceso en planta para evitar cualquier deterioro en las características de la misma.

Inspección y Selección de fruta

En este proceso la materia prima que ingresa pasará por un proceso de inspección para evitar que se pasen objetos extraños que puedan malograr las máquinas, además se seleccionará la fruta que no esté malograda, pues los limones muy malogrados pueden dañar el proceso.

Desintegración

La cáscara es alimentada por un tornillo helicoidal al desintegrador provisto de una malla. La cáscara triturada en partículas (en el proceso donde se exprime la materia prima) es mezclada con agua limpia y/o agua proveniente del segundo lavado y luego es bombeada a los tanques de lavado, manteniendo una proporción de cáscara y agua adecuada al proceso.

Lavado 1

La cáscara es lavada en un primer tanque con agua proveniente de la línea y agitación constante.

Separación 1

Luego del primer lavado de cáscara es separada del agua mediante una malla en el primer separador parabólico.

Lavado 2

La cáscara que ha pasado por un primer separador parabólico, ingresa a un segundo tanque donde es lavada al igual que el primer tanque.

Separación 2

Luego del segundo lavado la cáscara es separada del agua mediante una malla en el segundo separador parabólico, el agua de esta separación es enviada al desintegrador.

Prensado

La cáscara una vez lavada se prensa para reducir el contenido del agua y luego se almacena en una tolva pulmón.

Secado

De la tolva pulmón la cáscara se alimenta al secador a través de transportadores de tornillos helicoidales. El secador es un tambor rotativo continuo, donde por un extremo ingresa la cáscara y los gases calientes (Combustión de GLP) y por el otro son succionados por un ventilador centrífugo que los envía a un ciclón.

Enfriamiento

La cáscara que ingresa al ciclón es enfriada ya que los gases calientes y vapor de agua se eliminan por la parte superior y la cáscara deshidratada cae por gravedad a un transportador de tornillo que la conduce a un molino.

Llenado / pesado

La cáscara molida es conducida a través de un transportador de tornillo helicoidal hasta la zona de llenado. En esta zona se recibe la cáscara, se llena en sacos de polipropileno hasta completar el peso establecido de 25 kilos, inmediatamente son llevados a la zona de empaque.

Prensado / Empaque

Los sacos son alimentados de dos a dos a la tolva de una prensa neumática para ser prensados y empacados en pacas de polipropileno de 50 kilos cada una, inmediatamente despues las pacas son cosidas.

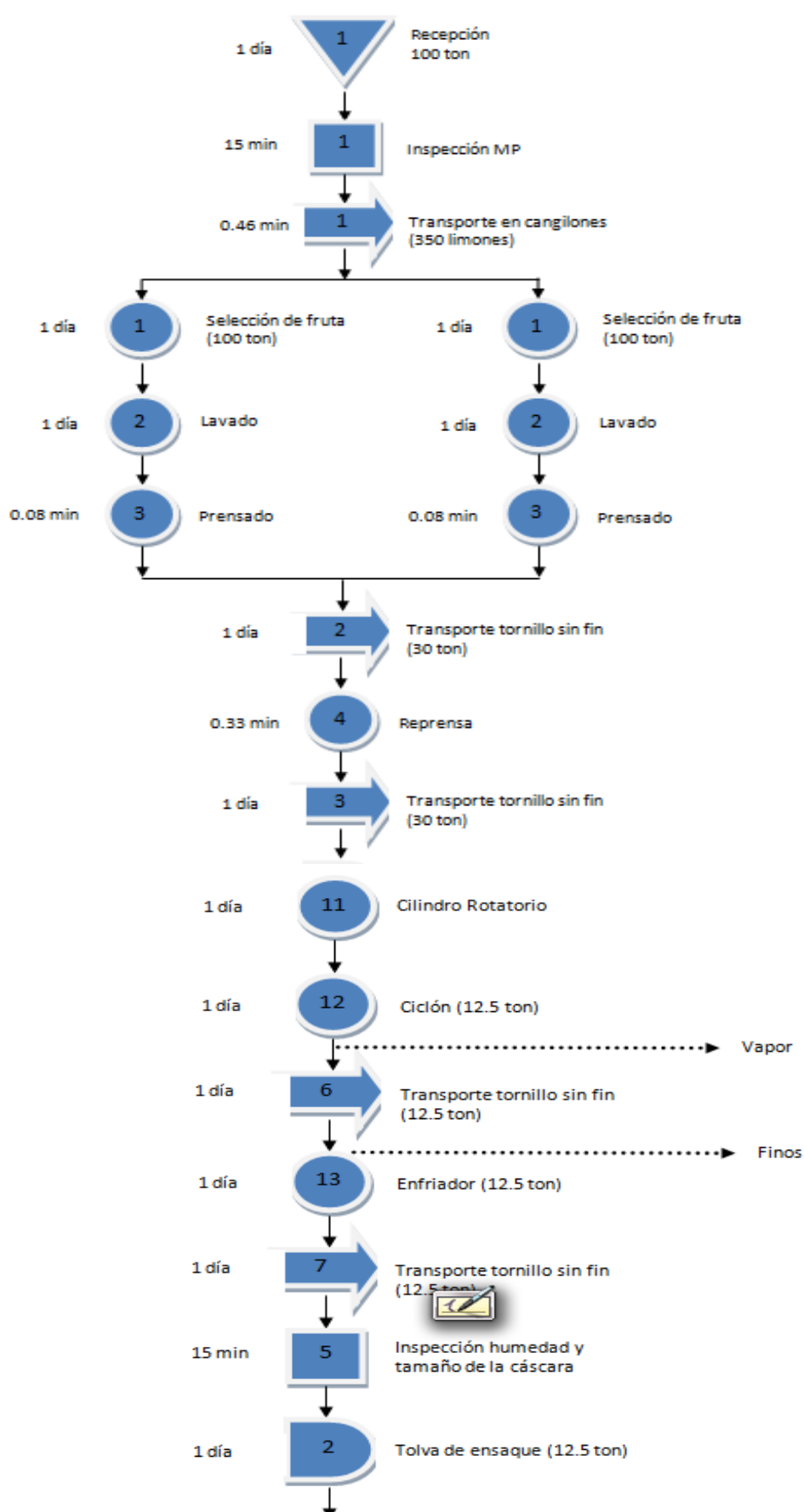
Almacenamiento

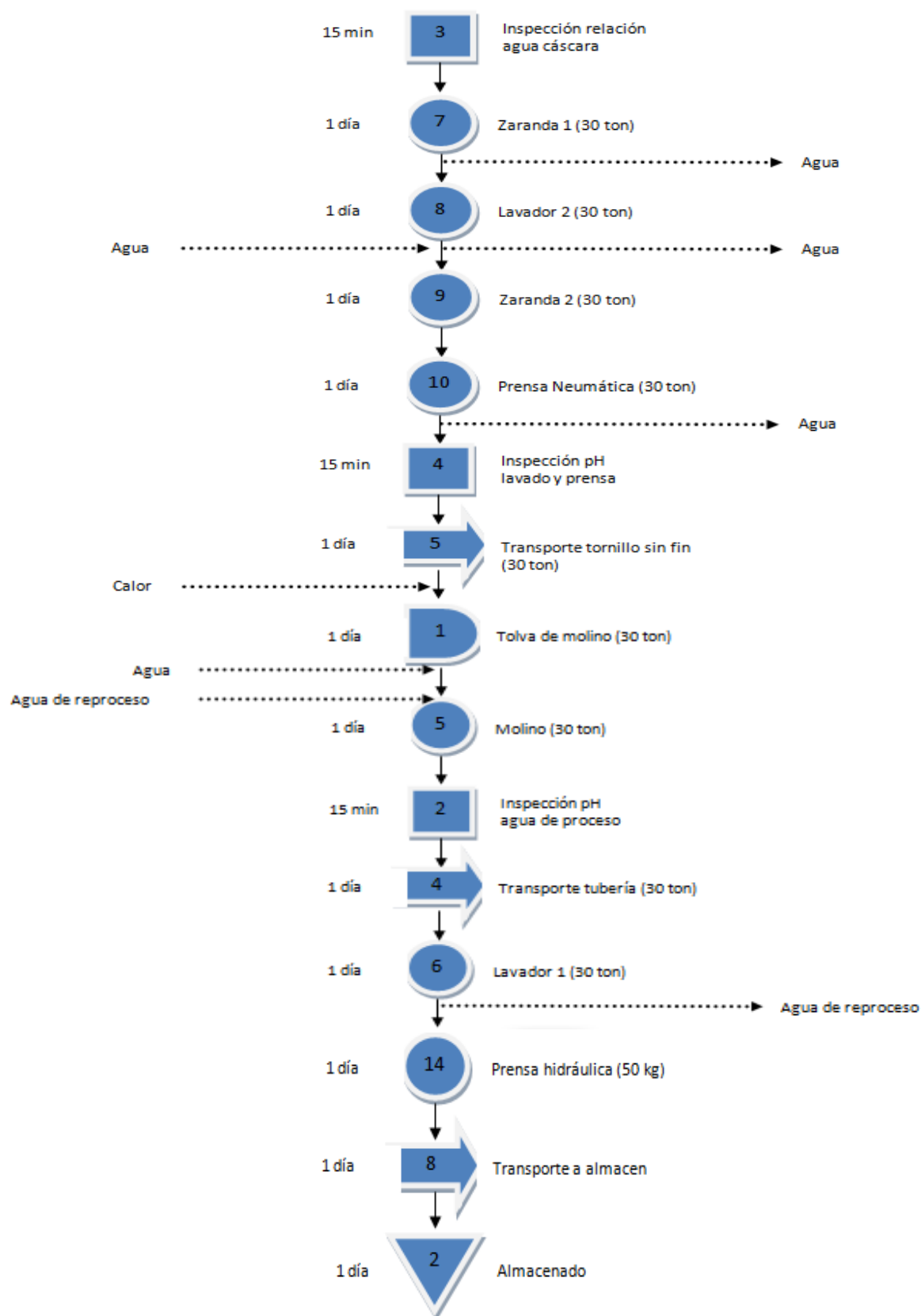
Las pacas llenas y debidamente cosidas son transportadas al almacén de cáscara, donde se coloca un separador que evite el contacto con el piso, formando rumas de pacas hasta completar un embarque. Las pacas son estibadas ubicando las marcas de identificación hacia abajo: la finalidad es evitar que se borren las inscripciones durante la estiba.

Despacho

Es el envío de producto que cumple con las especificaciones del cliente.

5.2.2.2. Diagrama de Flujo del Proceso





Resumen Diagrama de Flujo de la Cáscara Deshidratada de Limón

Operación	14
Inspección	5
Transporte	8
Espera	2
Almacenamiento	2

5.2.2.3. *Diseño de la línea*

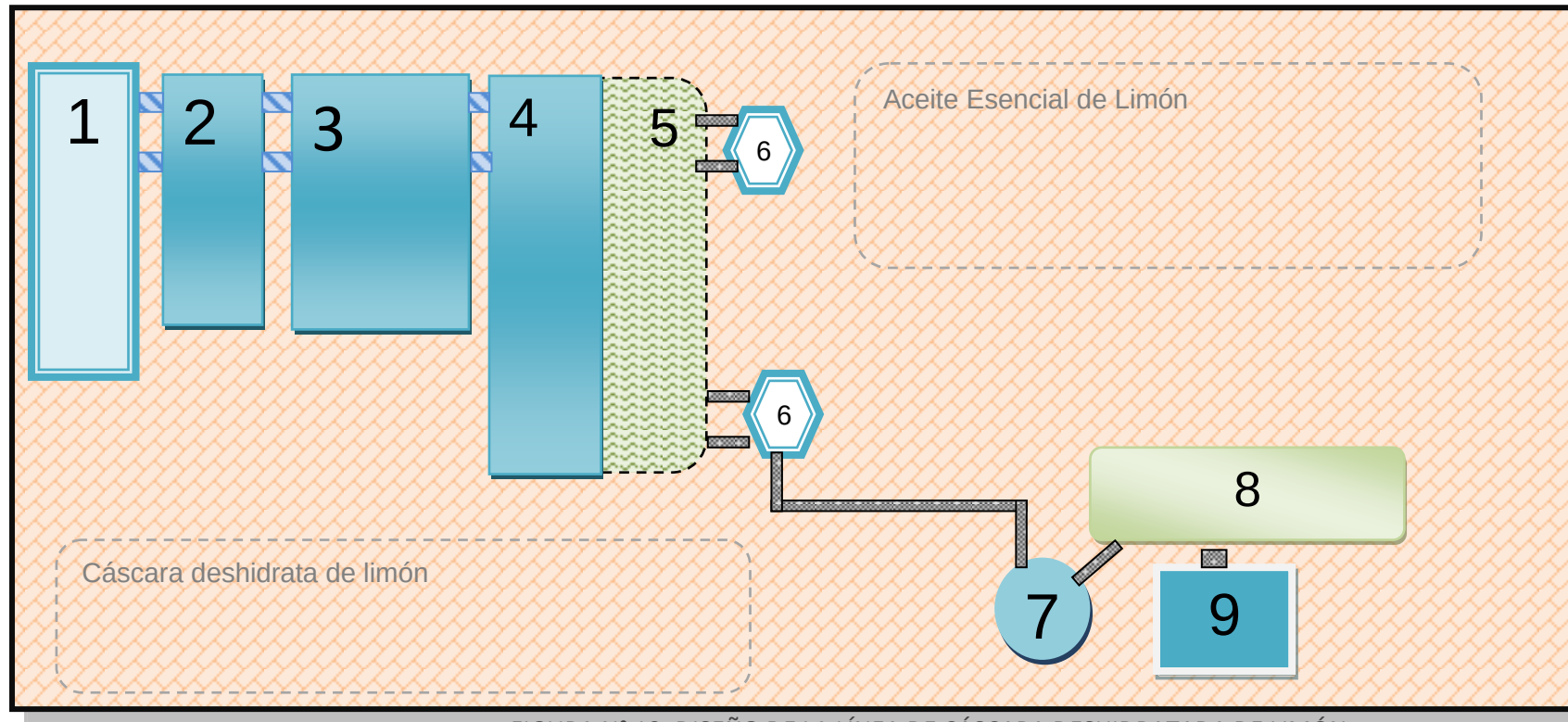


FIGURA N° 19: DISEÑO DE LA LÍNEA DE CÁSCARA DESHIDRATADA DE LIMÓN
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

1. Tolvas de recepción
2. Torre elevadora de cangilones
3. Lavadora aspersora y cepillado
4. Prensadora
5. Zaranda de almacenamiento de la micela

6. Bombas de extracción de la micela
7. Centrifuga
8. Tanque de balance
9. Torre evaporadora

5.2.3. Proceso de Obtención del Jugo Turbio Concentrado de Limón

5.2.3.1. Descripción del Proceso

Recepción

El limón después de pesado se descarga en pozas antes del abastecimiento al proceso de producción.

Lavado/selección

El lavado de la fruta se realiza primero por aspersión por agua con agua de la red en la faja de ingreso de la fruta, en el cual también se realiza una selección de materia prima separando la fruta en mal estado y no apta para proceso. Luego se realiza un lavado por inmersión, procurando mantener una constante agitación en el agua del lavado, de modo que facilite el desprendimiento de la tierra o suciedad. Al agua del segundo lavado se le agrega agente desinfectante (cloro), esta se recircula usando una bomba y es cambiada cada tres horas, en caso de absorber el agua sucia, se cambiará antes del tiempo establecido durante el proceso.

Cepillado

El cepillado se realiza por medio de escobillas giratorias en la parte inferior y escobillas fijas en la parte superior. Así se logra eliminar la suciedad que no fue posible eliminar durante el lavado.

Selección

Se realiza en una faja transportadora, el operario separa la fruta con evidentes rasgos de deterioro o fruta verde, de acuerdo a como se muestre en la fotografía ubicada en la plataforma de la mesa de selección. Esta etapa es alterna; es decir se da de acuerdo a las condiciones del proceso.

Extracción

Se usa una prensa de tornillo para la extracción de jugo.

Refinación

El jugo es bombeado hasta el bicreaner, equipo que consta de dos creamers, el primero separa cáscara y semilla y el segundo retiene sólidos finos, obteniendo un jugo libre de sólidos.

Centrifugación

El jugo se alimenta en forma continua. Se utiliza una centrífuga, la función del equipo es reducir el porcentaje de aceite y sólidos en el jugo hasta llegar al deseado por la especificación del cliente.

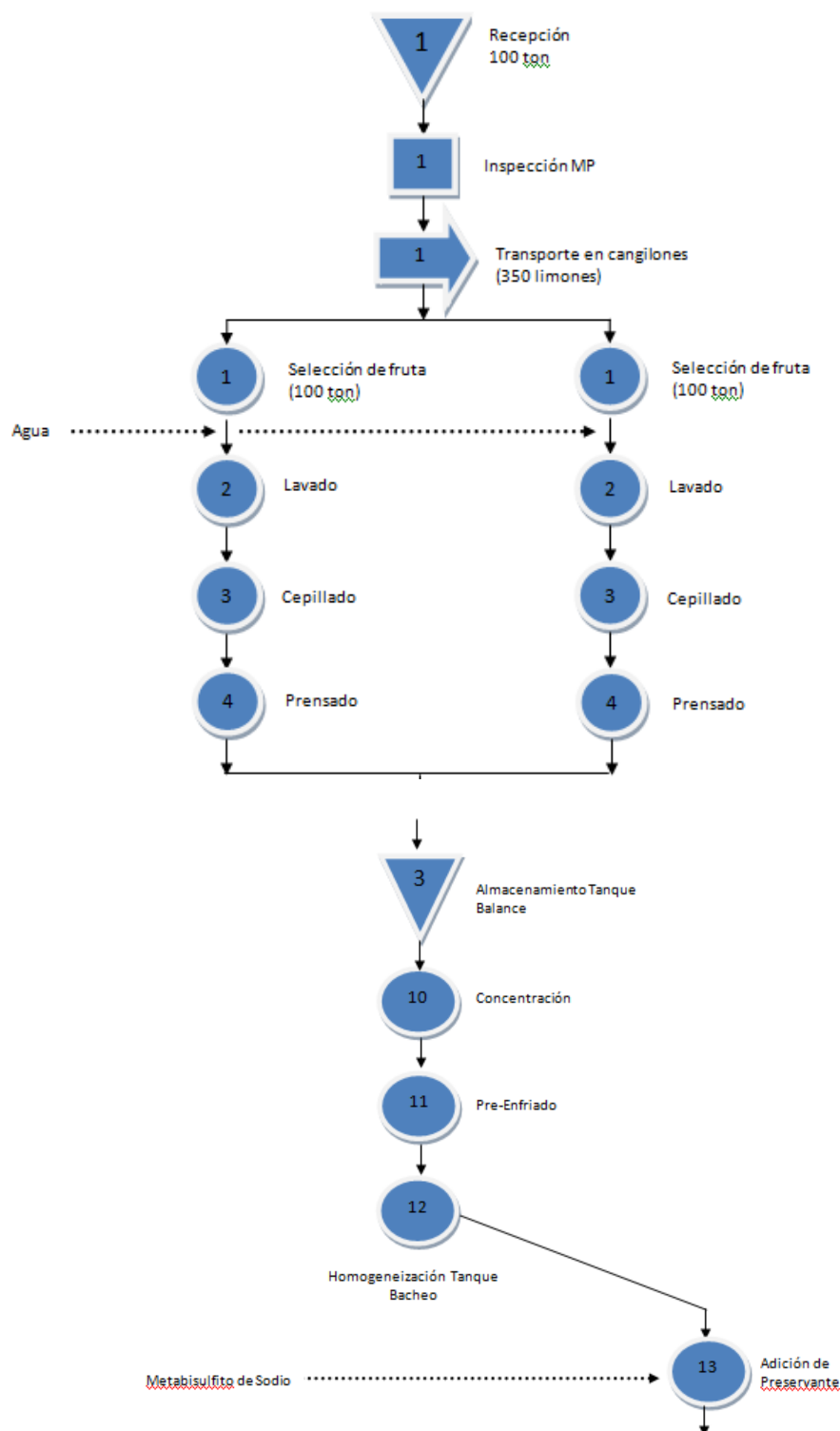
Almacenamiento tanque balance

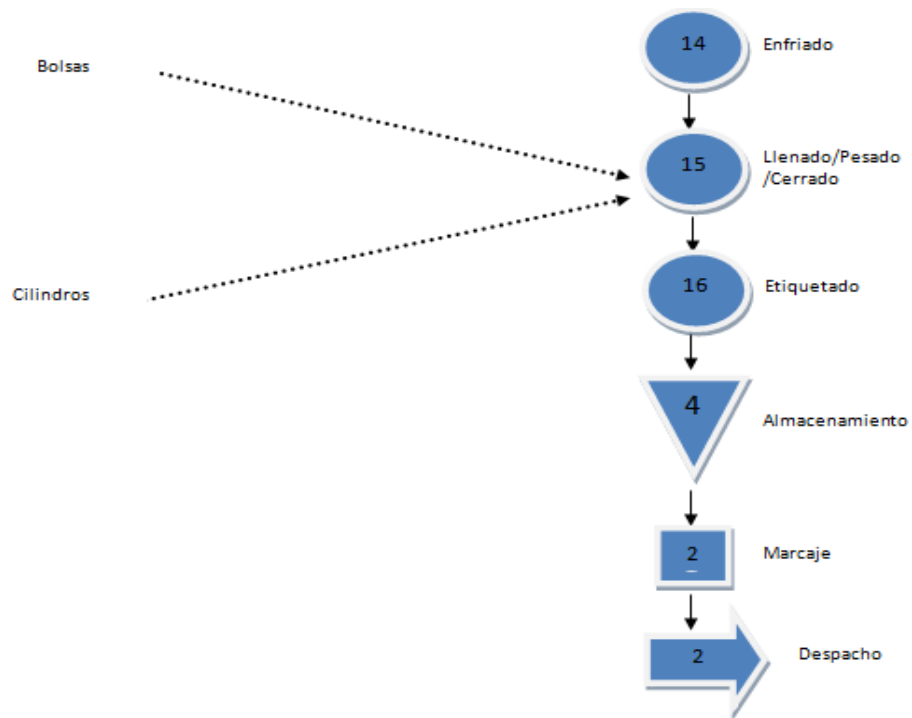
El jugo centrifugado es almacenado en cantidades mínimas en un tanque de acero inoxidable para asegurar un flujo continuo al pasteurizador

Precalentamiento

El jugo es precalentado en dos secciones del pasteurizador con un circuito de agua caliente (inyección directa de vapor)

5.2.3.2. Diagrama de Flujo del Proceso





Resumen Diagrama de Flujo del Jugo Concentrado de Limón

Operación	16
Inspección	2
Transporte	2
Espera	0
Almacenamiento	4

5.2.3.3. *Diseño de la línea*

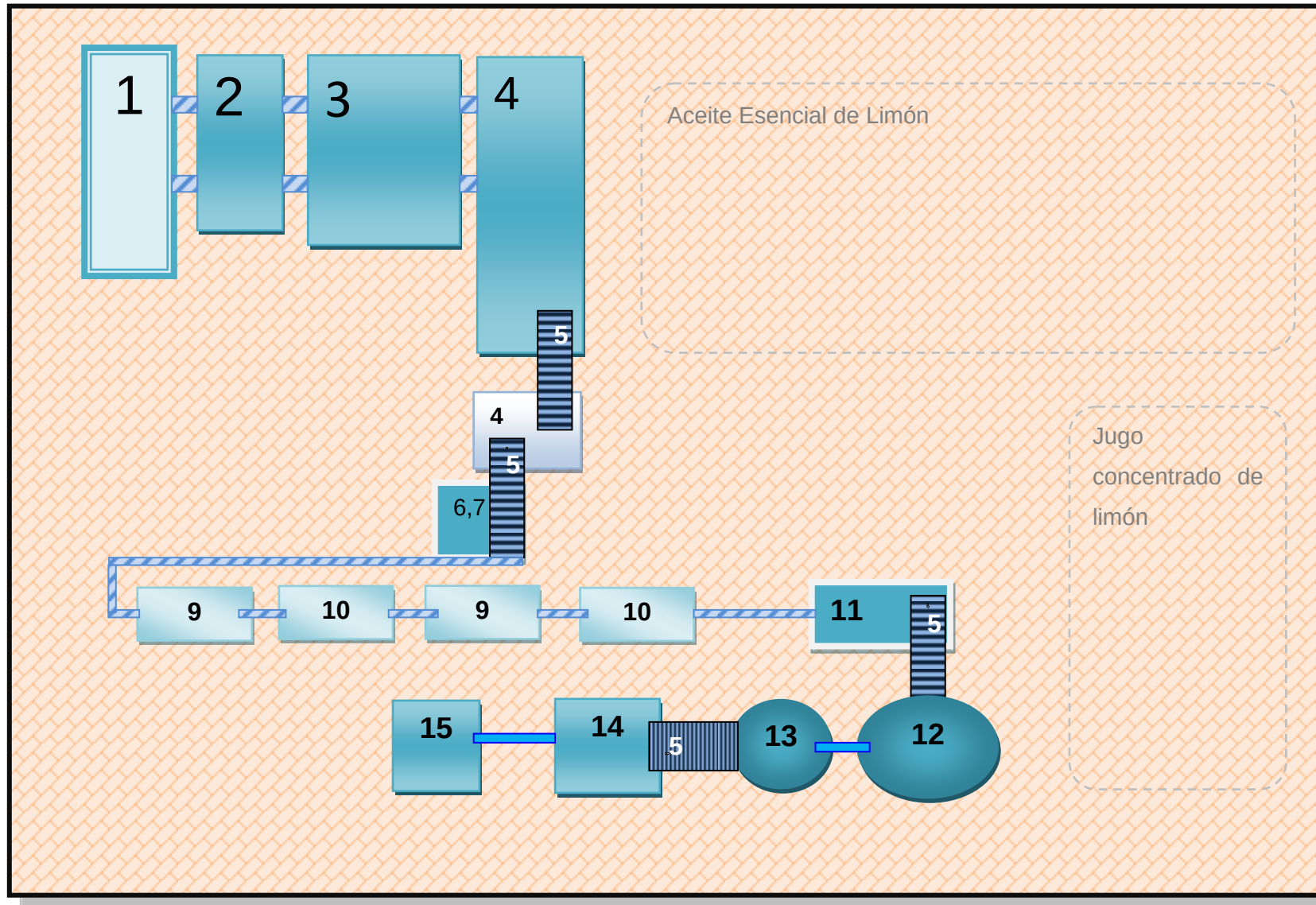


FIGURA N° 20: DISEÑO DE LA LÍNEA DE JUGO TURBIO CONCENTRADO DE LIMÓN
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

1. Tolvas de recepción
2. Torre elevadora de cangilones
3. Lavadora aspersora y cepillado
4. Prensadora
5. Tornillo sinfín transportadores de la cáscara
6. Tolva de molino
7. Molino
8. Fajas transportadoras
9. Lavador
10. Zaranda
11. Prensa neumática
12. Cilindro rotatorio
13. Ciclón
14. Tolva de ensacado
15. Prensa hidráulica

6. Capítulo VI: Costos y Finanzas

6.1. Estructura de Costos

En esta sección se detalla la maquinaria necesaria para cada línea de producción, asimismo se indica la cantidad de cada maquinaria y su precio en el mercado.

6.1.1. Costos de Maquinaria

	Cantidad	Precio
Maquinaria e Instrumentos		
Prensa	4	\$ 20,000
Prensa Tornillo		
Prensa Mecánica		
Prensa Neumática		
Prensa Hidráulica		
Bombas de succión	1	\$ 200
Alambique		
Alambique destilado	6	\$ 12,000
Alambique decantación	2	\$ 2,000
Condensador		\$ 12,000
Vaso florentino	6	\$ 1,200
Tuberías	100m	\$ 6,200
Caldero (100 HP)	1	\$ 18,000
Bandas Transportadoras	5	\$ 750
Cangilones	10 m	\$ 1,500
Lavadores	2	\$ 4,000
Striper	5	\$ 5,000
Balanza	2	\$ 200
Tornillo sin fin	20	\$ 8,000
Cilindro Rotatorio	1	\$ 20,000
Molino	2	\$ 6,000
Tolvas	2	\$ 5,000
Zarandas	2	\$ 6,000
Ciclón	1	\$ 5,000
Enfriador	6	\$ 9,000
Evaporador	1	\$ 100,000
Pasteurizador	1	\$ 70,000
Tanque de balance	2	\$ 6,000
Grupo electrógeno(120KW)	1	\$ 8,000
Equipos		
Computadoras	1	\$ 3,000

Impresoras	2	\$ 300
Terreno	2000 m2	\$ 700,000
Edificación		\$ 100,000
Muebles		\$ 1,000
Total Maquinaria		\$ 326,050
Total Terreno		\$ 700,000
Total Edificación		\$ 101,000
Total Inversión Base		\$ 1,127,050
Reserva de contingencia (20%)		225410
Total Inversión		\$ 1,352,460

Cuadro N°21: Estructura de costos
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

- 1.- Los precios y cotizaciones de la maquinaria e instrumentos han sido obtenidos por juicio de expertos y páginas web.
- 2.- Se ha aplicado una reserva de contingencia, del 20% para posibles cambios que surjan en el presupuesto durante el proyecto.
- 3.- La maquinaria a utilizar serán detallados en los próximos entregables del proyecto, indicado sus características, funciones, rendimiento e instalación.

6.2. Financiación

6.2.1. Necesidad de Capital

El 30% de la inversión será cubierto por la parte interesada en implementarlo y el otro 70% se va a financiar de la siguiente manera:

Inversión = \$ 1,352,460

Financiación: \$ 946,722

6.2.2. Fuentes de Financiación

Periodo	Cuota	Interés	Amortización	Saldo	Tasa de interés
0				946,722.00	0.2
1	189,347.76	189,344.40	3.36	946,718.64	0.2
2	189,347.76	189,343.73	4.03	946,714.61	0.2
3	189,347.76	189,342.92	4.84	946,709.77	0.2

4	189,347.76	189,341.95	5.81	946,703.96	0.2
5	189,347.76	189,340.79	6.97	946,696.99	0.2
6	189,347.76	189,339.40	8.36	946,688.63	0.2
7	189,347.76	189,337.73	10.03	946,678.60	0.2
8	189,347.76	189,335.72	12.04	946,666.56	0.2
9	189,347.76	189,333.31	14.45	946,652.11	0.2
10	189,347.76	189,330.42	17.34	946,634.77	0.2
11	189,347.76	189,326.95	20.81	946,613.96	0.2
12	189,347.76	189,322.79	24.97	946,588.99	0.2
13	189,347.76	189,317.80	29.96	946,559.03	0.2
14	189,347.76	189,311.81	35.95	946,523.08	0.2
15	189,347.76	189,304.62	43.14	946,479.93	0.2
16	189,347.76	189,295.99	51.77	946,428.16	0.2
17	189,347.76	189,285.63	62.13	946,366.03	0.2
18	189,347.76	189,273.21	74.55	946,291.48	0.2
19	189,347.76	189,258.30	89.47	946,202.01	0.2
20	189,347.76	189,240.40	107.36	946,094.65	0.2
21	189,347.76	189,218.93	128.83	945,965.82	0.2
22	189,347.76	189,193.16	154.60	945,811.23	0.2
23	189,347.76	189,162.25	185.51	945,625.71	0.2
24	189,347.76	189,125.14	222.62	945,403.10	0.2
25	189,347.76	189,080.62	267.14	945,135.95	0.2
26	189,347.76	189,027.19	320.57	944,815.39	0.2
27	189,347.76	188,963.08	384.68	944,430.70	0.2
28	189,347.76	188,886.14	461.62	943,969.08	0.2
29	189,347.76	188,793.82	553.94	943,415.14	0.2
30	189,347.76	188,683.03	664.73	942,750.41	0.2
31	189,347.76	188,550.08	797.68	941,952.73	0.2
32	189,347.76	188,390.55	957.22	940,995.51	0.2
33	189,347.76	188,199.10	1,148.66	939,846.85	0.2
34	189,347.76	187,969.37	1,378.39	938,468.46	0.2
35	189,347.76	187,693.69	1,654.07	936,814.39	0.2
36	189,347.76	187,362.88	1,984.88	934,829.51	0.2
37	189,347.76	186,965.90	2,381.86	932,447.66	0.2
38	189,347.76	186,489.53	2,858.23	929,589.43	0.2
39	189,347.76	185,917.89	3,429.88	926,159.55	0.2
40	189,347.76	185,231.91	4,115.85	922,043.70	0.2
41	189,347.76	184,408.74	4,939.02	917,104.68	0.2
42	189,347.76	183,420.94	5,926.82	911,177.86	0.2
43	189,347.76	182,235.57	7,112.19	904,065.67	0.2
44	189,347.76	180,813.13	8,534.63	895,531.04	0.2

45	189,347.76	179,106.21	10,241.55	885,289.49	0.2
46	189,347.76	177,057.90	12,289.86	872,999.62	0.2
47	189,347.76	174,599.92	14,747.84	858,251.79	0.2
48	189,347.76	171,650.36	17,697.40	840,554.38	0.2
49	189,347.76	168,110.88	21,236.88	819,317.50	0.2
50	189,347.76	163,863.50	25,484.26	793,833.24	0.2
51	189,347.76	158,766.65	30,581.11	763,252.13	0.2
52	189,347.76	152,650.43	36,697.33	726,554.79	0.2
53	189,347.76	145,310.96	44,036.80	682,517.99	0.2
54	189,347.76	136,503.60	52,844.16	629,673.83	0.2
55	189,347.76	125,934.77	63,412.99	566,260.83	0.2
56	189,347.76	113,252.17	76,095.59	490,165.24	0.2
57	189,347.76	98,033.05	91,314.71	398,850.53	0.2
58	189,347.76	79,770.11	109,577.65	289,272.87	0.2
59	189,347.76	57,854.57	131,493.19	157,779.69	0.2
60	189,347.76	31,555.94	157,791.82	-12.13	0.2

Cuadro Nº22: Estructura de Financiación
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

6.2.3. Características y Condiciones de Financiamiento

Estas son las condiciones para el financiamiento:

- Se tiene una tasa anual de 20%
- Se Financia en 5 años
- Se Financia el 70% de la inversión

CONCLUSIONES

- ✚ Uno de los grandes pilares en el desarrollo del proyecto fueron las visitas técnicas y entrevistas con expertos, las cuales se desarrollaron en la empresa Limones Piuranos SAC. Esto sirvió para que cada miembro del equipo tenga una visión global sobre el alcance del proyecto así como ayuda para completar muchos de los entregables de gestión del Proyecto.
- ✚ La gestión de calidad del proyecto es uno de los puntos principales de nuestro proyecto, pues esta área se centra en revisar todos los documentos antes de la entrega y garantizar la integridad del trabajo, logrando que cada uno de los documentos se entregue en óptimas condiciones de estructura y redacción.
- ✚ Para la experimentación de los distintos productos, tanto aceite, cáscara y jugo de limón, se realiza mediante procesos y estándares ya establecidos previamente por la empresa productora o según las especificaciones de los clientes. Los rangos de los resultados deben estar dentro de los aceptables, pues si no se encuentra en esos rangos, puede ocasionar pérdida de productos y por ende pérdida de dinero, o puede que simplemente el cliente no acepte el producto por encontrarse fuera de los rangos aceptables y se tendrá que desechar el producto.
- ✚ La ubicación geográfica de la planta depende de la correcta distribución de las distintas líneas de producción, según su ubicación y tamaño, además de las demás áreas de la empresa. La distribución en planta se desarrolla de tal manera que el ingreso y el despacho de la materia prima y productos terminados respectivamente, se realicen sin interrupción.
- ✚ Se determinó que los tipos de almacenamiento de los distintos tipos de producto del limón sutil depende de sus características a conservar para que no afecte su calidad; por ello el jugo turbio tendrá un almacenamiento en frío a -25°C y en cambio el aceite y la cáscara deshidrata serán almacenados a temperatura ambiente.
- ✚ Este proyecto resulta factible, ya que es viable y rentable debido a que la demanda es alta y ha ido aumentando a lo largo de los años. El diseño de la línea de producción de la planta procesadora de limones es necesario porque existe un sobrante de producción, que es el limón que no cumple con las características de exportación, a los cuales se les agrega valor produciendo productos intermedios que son necesarios para la fabricación de otros productos en diferentes industrias.
- ✚ Si bien el rendimiento es bajo, financieramente es bueno, ya que, con el aceite se recupera lo invertido en la materia prima, por lo que los ingresos de jugo turbio concentrado y cáscara deshidratada de limón vendrían a ser utilidades.

BIBLIOGRAFÍA

- ABC Grape. (04 de Julio de 2011). Recuperado el 16 de Septiembre de 2012, de <http://www.abcgape.com/product.php?prod=prod&id=113>
- Agrícola Athos. (s.f.). Recuperado el 15 de Setiembre de 2012, de <http://www.athos.com.pe/>
- AIB Agroindustrias. (s.f.). Recuperado el 17 de Setiembre de 2012, de <http://www.aib.com.pe/es/productos/jugos/10>
- Alibaba. (2012). Recuperado el 15 de Setiembre de 2012, de <http://spanish.alibaba.com/product-gs/usa-hot-sales-stainless-steel-essential-oil-distiller-540376340.html>
- AMPEX. (2008). Perfil de Mercado de Limón. En A. M. Exportación.
- AMPEX. (2008). Perfil de Mercado de Limón. En A. M. Exportación.
- AMPEX. (2008). Perfil de Mercado del Limón. En A. M. Exportación.
- Bepex. (s.f.). Bepex. Obtenido de <http://www.bepex.mx/spress.htm>
- Borkosky, D. E., Lescano, N. V., Paz, D., & Prieto, R. D. (2007). *Tratamiento de Residuos Cítricos para elaborar un Alimento Balanceado*. (U. N. Tucumán, Editor) Recuperado el 14 de Setiembre de 2012, de http://www.ct.unt.edu.ar:2000/Helpers/ver_proyecto_ua.aspx?server=www.ct.unt.edu.ar&id=4835
- Bruzzone, I. (s.f.). *Jugo Concentrado de Limón*. Recuperado el 17 de Setiembre de 2012, de http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/revista/ediciones/43/cadenas/r43_08_JugoLimon.pdf
- Citro Jugo. (2010). Recuperado el 18 de Septiembre de 2012, de <http://citrojugo.com.mx/es/index.php?m=productos&p=2>
- CitroJugo. (s.f.). *Ficha técnica*. Recuperado el 18 de Setiembre de 2012, de <http://citrojugo.com.mx/es/htm/documents/jugo%20concentrado%20de%20limon%20turbio/Cloudy%20lime%20jc%20unpreserved.pdf>
- CitroJugo. (2010). *Jugo Concentrado de Limón*. Recuperado el 18 de Setiembre de 2012, de <http://citrojugo.com.mx/es/index.php?m=productos&p=2>
- CitroMax. (2012). Recuperado el 17 de Setiembre de 2012, de http://www.citromaxflavors.com/?page_id=111&lang=es
- Citromax. (2012). *Jugo Turbio Concentrado de Limón*. Recuperado el 18 de Setiembre de 2012, de http://www.citromaxflavors.com/?page_id=111&lang=es

Clima Frutal. (2009). Recuperado el 17 de Setiembre de 2012, de <http://climafrutal.wordpress.com/82/limon-partes/>

Copal. (s.f.). Recuperado el 17 de Setiembre de 2012, de <http://www.copal.com.ar/images/stories/dp/jugoscitricos.gif>

Datos Perú. (s.f.). Recuperado el 15 de Setiembre de 2012, de <http://www.datosperu.org/ee-importaciones-y-exportaciones-peru-eirl-20380177057.php>

Datos Perú. (s.f.). Recuperado el 15 de Setiembre de 2012, de <http://www.datosperu.org/ee-ab-b-group-sac-20511511357.php>

Datos Perú. (s.f.). Recuperado el 15 de Setiembre de 2012, de <http://www.datosperu.org/ee-agro-exportaciones-y-servicios-del-peru-sac-20525785824.php>

Datos Perú. (s.f.). Recuperado el 15 de Setiembre de 2012, de <http://www.universidadperu.com/empresas/estanis.php>

Datos Perú. (s.f.). Recuperado el 15 de Setiembre de 2012, de <http://www.datosperu.org/ee-inkafresh-peru-sa-20543150747.php>

El aceite sierra. (2009). Recuperado el 14 de Setiembre de 2012, de <http://aceitesierradecadiz.blogspot.com/>

Empresa San Miguel. (s.f.). Recuperado el 08 de Setiembre de 2012, de http://www.sa-sanmiguel.com/prod_prodindustriales.swf

González Sánchez, R. F., & Silva Echevarria, R. (Setiembre de 2003). *Caracterización de las Cadenas Prioritarias e Identificación de las Demandas*. (S. I. (SIIC), Ed.) Recuperado el 10 de Setiembre de 2012, de http://siic.ucol.mx/Archivos_prov%5CDiagnostico%20Limon.pdf

Gonzalez Villa, A. (2004). *Obtención de Aceites esenciales y extractos etanólicos de plantas del amazona*. Recuperado el 15 de 09 de 2012, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1173/1/angelaandreagonzalezvilla.2004.pdf>

Gonzalo Arriaza, N. (2010). *Deshidratación Natural del limón*. Recuperado el 14 de Setiembre de 2012, de <http://www.undp.org/cu/pdhl/ideass/LIMON-esp.pdf>

Grunauer Espinoza, C. C. (2009). Influencia del Secado sobre la Captación de Agua de Pectina extraída a partir del Citrus x urantifolia Swingle. En C. C. Grunauer Espinoza. Guayaquil.

Haro, L. (1984). El Aceite Esencial de Limon Sutil. En *Productos Cítricos*. USA.

Haro, L. (1984). Productos Cítricos. En L. Haro, *El Aceite Esencial de Limón* (págs. 8-9). USA.

INEI. (s.f.). Obtenido de <http://www.inei.gob.pe/>

INEI. (2011). *Compendio Estadístico Departamental de Piura*. Recuperado el 17 de 09 de 2012, de <http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0997/Libro.pdf>

INEI. (2008). *Compendio Estadístico Nacional 2008*. Recuperado el 17 de 09 de 2012, de <http://www1.inei.gov.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0808/Libro.pdf>

InfoAgro. (s.f.). *Proceso de Deshidratación de Frutas*. Recuperado el 18 de Setiembre de 2012, de http://www.infoagro.com/frutas/deshidratacion_frutas.htm

La pata de Oca. (s.f.). Obtenido de <http://lapatadeoca.com/es/fotos/lapatadeoca/vaso-florentino/view>

Limones Piuranos. (s.f.). Recuperado el 17 de Septiembre de 2012, de http://www.limonespiuranos.com/calendario_es.html

Limones Piuranos SAC. (s.f.). Obtenido de <http://www.limonespiuranos.com/>

Limones Piuranos SAC. (s.f.). Recuperado el 17 de Setiembre de 2012, de http://www.limonespiuranos.com/calendario_es.html

LimonesPiuranos. (s.f.). Recuperado el 17 de Septiembre de 2012, de http://www.limonespiuranos.com/cascara_es.html

LimonesPiuranos. (s.f.). Recuperado el 19 de Septiembre de 2012, de http://www.limonespiuranos.com/pcascara_es.html

LimonesPiuranosS.A. (s.f.). *Limones Piuranos S.A*. Recuperado el 17 de 09 de 2012, de http://www.limonespiuranos.com/calendario_es.html

Martinez, A. (2003). *Aceites Esenciales*. Obtenido de <http://farmacia.udea.edu.co/~ff/esencias2001b.pdf>

MINAG. Condiciones agroclimáticas de cultivo de limón.

MINAG. Condiciones Agroclimáticas de cultivo limonero.

MINAG. Condiciones Agroclimáticas del Cultivo Limonero. En M. d. Agricultura.

Pemasac. (s.f.). *Concentrado de limón orgánico*. Recuperado el 18 de Setiembre de 2012, de http://www.pemasac.com/concentrado_limon.html

Pemasac. (s.f.). *Ficha Técnica*. Recuperado el 19 de Setiembre de 2012, de http://www.pemasac.com/hojastecnicas/concentrado_de_limon.pdf

Pemasac. (s.f.). *Ficha Técnica*. Recuperado el 19 de Setiembre de 2012, de http://www.pemasac.com/hojastecnicas/concentrado_de_limon.pdf

Piuranos, L. (2012). *Limones Piuranos S.A.C*. Obtenido de http://www.limonespiuranos.com/aceite_es.html

Piuranos, L. (2012). *Limones Piuranos S.A.C*. Obtenido de http://www.limonespiuranos.com/aceite_es.html

Puerta Huera, C. J. (2006). DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL LIMÓN SUTIL (*Citrus aurantifolia* Swingle). Ibarra.

Puente Huera, C. J. (2006). Determinación de las características físicas y químicas del limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle). En C. J. Puente Huera. Ibarra.

Puente Huera, C. J. (2006). Determinación de las Características Físicas y Químicas del Limón Sutil. En C. J. Puente Huera. Ibarra.

Puente Huera, C. J. (2006). Determinación de las características físicas y químicas del limón sutil *Citrus aurantifolia* Swingle. En C. J. Puente Huera. Ibarra.

Quiminet. (28 de Diciembre de 2009). Recuperado el 16 de Setiembre de 2012, de Los beneficios de las frutas deshidratadas: <http://www.quiminet.com/articulos/los-beneficios-de-las-frutas-deshidratadas-41306.htm>

Quiminet. (2008). *Aceite Esencial de Limon*. Obtenido de <http://www.quiminet.com/articulos/el-aceite-esencial-de-limon-31875.htm>

Quiminet. (28 de Diciembre de 2009). *Los beneficios de las frutas deshidratadas*. Recuperado el 16 de Setiembre de 2012, de <http://www.quiminet.com/articulos/los-beneficios-de-las-frutas-deshidratadas-41306.htm>

Santana, O. (13 de Octubre de 2007). *El limón, mucho más que un alimento*. Recuperado el 10 de Setiembre de 2012, de Scribd: <http://es.scribd.com/doc/92942543/EL-LIMON>

Satori Argentina. (04 de Abril de 2011). Recuperado el 19 de Setiembre de 2012, de http://satoriargentina.blogspot.com/2011_04_01_archive.html

SENAMHI. (s.f.). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Recuperado el 17 de 09 de 2012, de <http://www.senamhi.gob.pe/?p=0530>

SIICEX. (s.f.). *Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior*. Recuperado el 15 de 09 de 2012, de http://www.siicex.gob.pe/siicex/porta15ES.asp?_page_=172.17100&_portletid_=sfichaproductoinit&scriptdo=cc_fp_init&pproducto=113&pnomproducto=Lim%F3n

SUNAT. (s.f.). Obtenido de <http://www.sunat.gob.pe/>

Universidad Perú. (s.f.). Recuperado el 15 de Setiembre de 2012, de <http://www.universidadperu.com/empresas/exportaciones-carmen-hidalgo.php>

Villa, A. A. (2004). *Obtención de aceites esenciales y extractos etanolicos*. Recuperado el 2012, de Biblioteca Universidad Nacional Colombia: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1173/1/angelaandreagonzalezvilla.2004.pdf>

Wikipedia, E. L. (21 de Octubre de 2012). *Wikipedia*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2012, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Cangil%C3%B3n>

Zumo de Limón. (2009). Recuperado el 17 de Setiembre de 2012, de
<http://zumodelimonucc.blogspot.com/>

Zumo Limón. (s.f.). Recuperado el 19 de Setiembre de 2012, de
<http://zumodelimonucc.blogspot.com/>

ANEXO N°1



IMAGEN N°1: ENTRADA DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

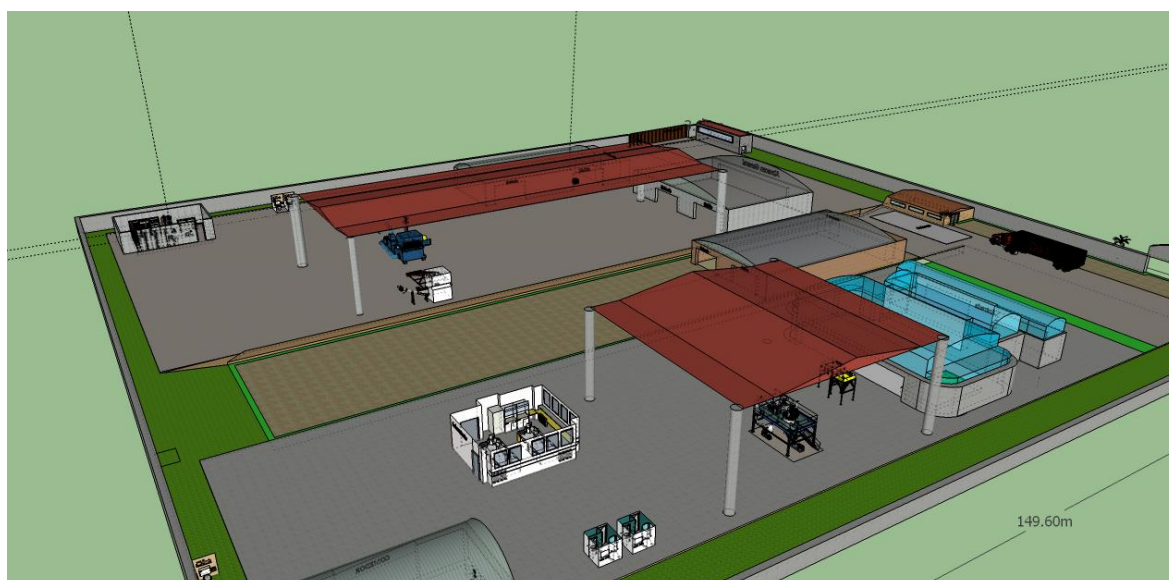


IMAGEN N°2: PARTE TRASERA DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

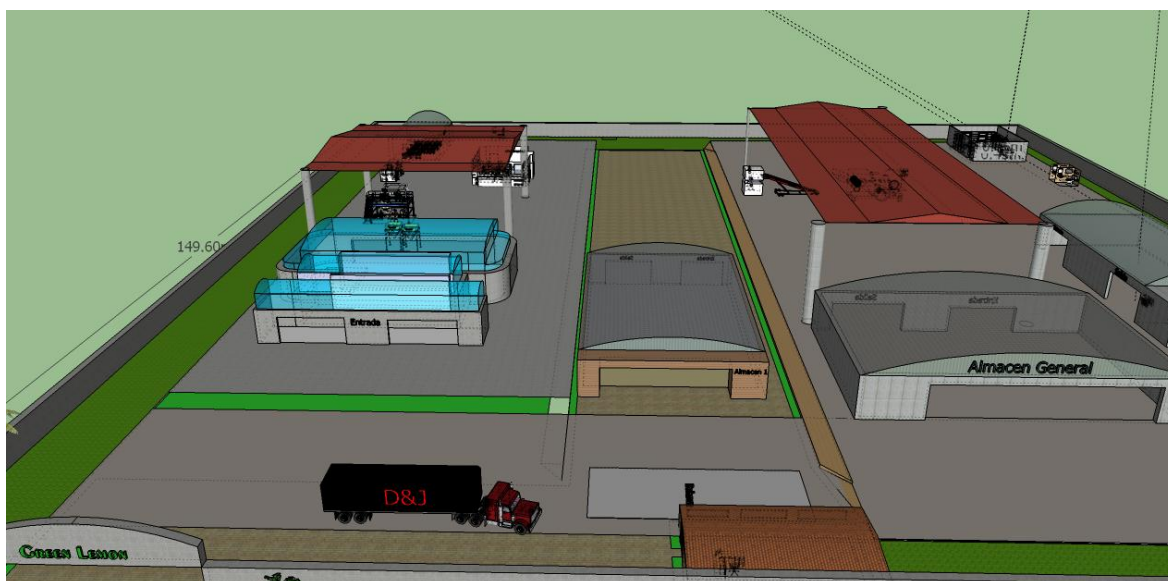


IMAGEN N°3: PARTE FRONTAL DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"



IMAGEN N°4: INTERIOR DE OFICINA DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"



IMAGEN N°5: LABORATORIO DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

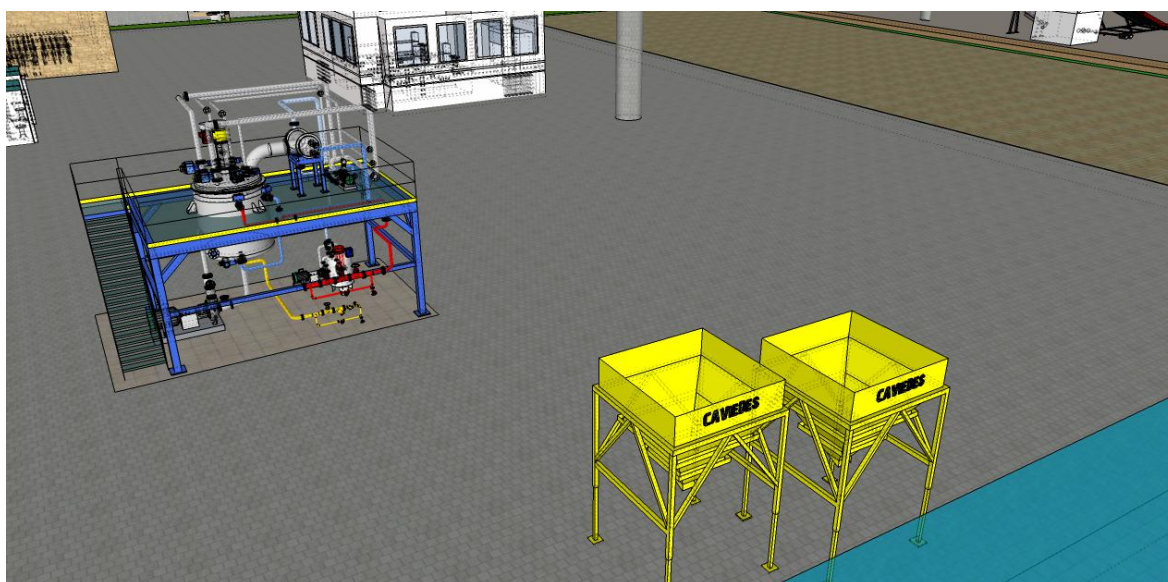


IMAGEN N°5: MAQUINARIA DE LA LÍNEA DE ACEITE ESENCIAL DE LIMÓN DE LA PLANTA
GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"



IMAGEN N°6: COMEDOR DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"



IMAGEN N°7: BAÑOS DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

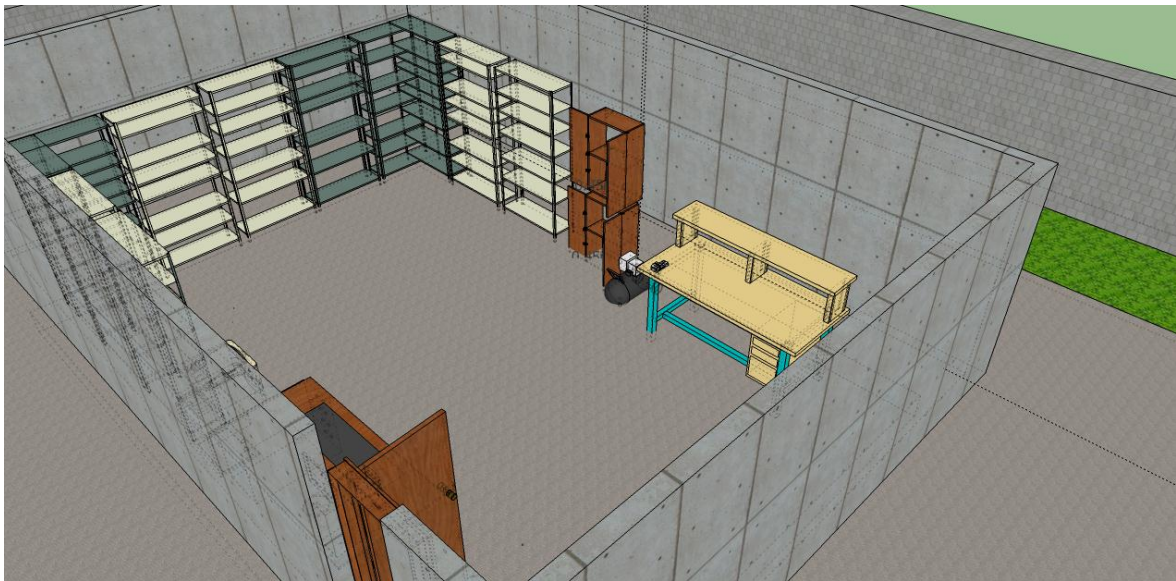


IMAGEN N°7: CUARTO DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

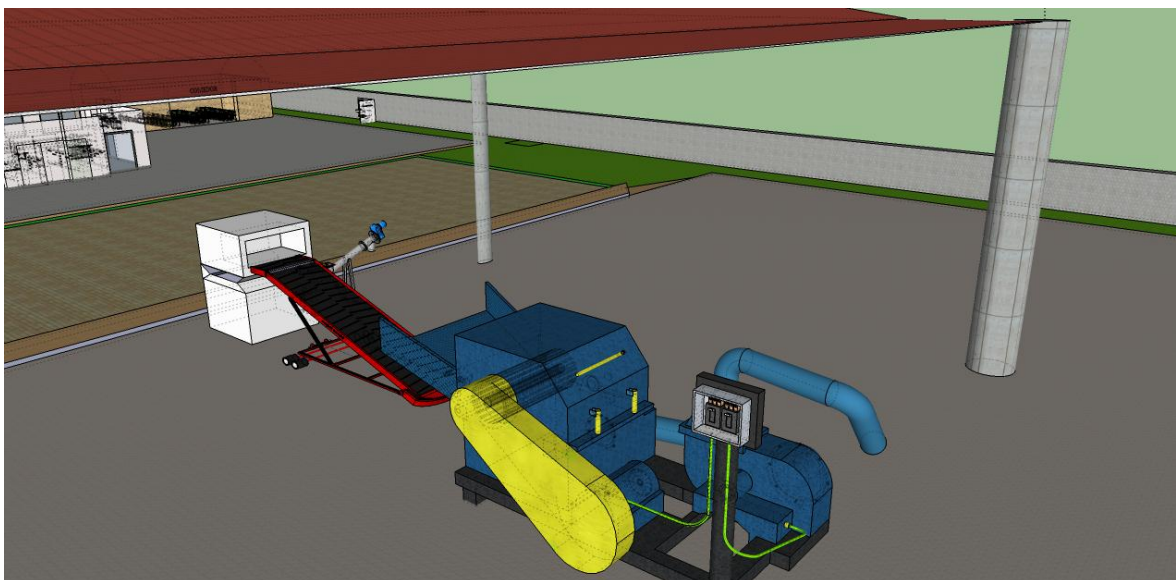


IMAGEN N°8: MAQUINARIA DE SECADO DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"



IMAGEN N°9: ALMACENES DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"



IMAGEN N°10: DIFERENTE VISTA DE LOS ALMACENES DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

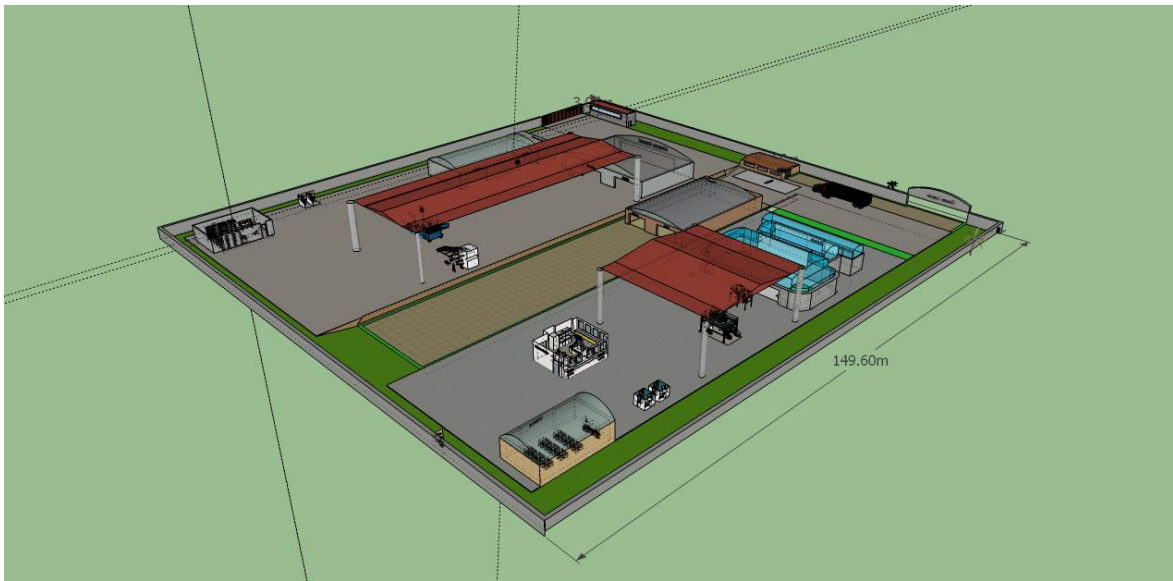


IMAGEN N°11: VISTA TRASERA DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"



IMAGEN N°12: SALIDA DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"

ANEXO N°2

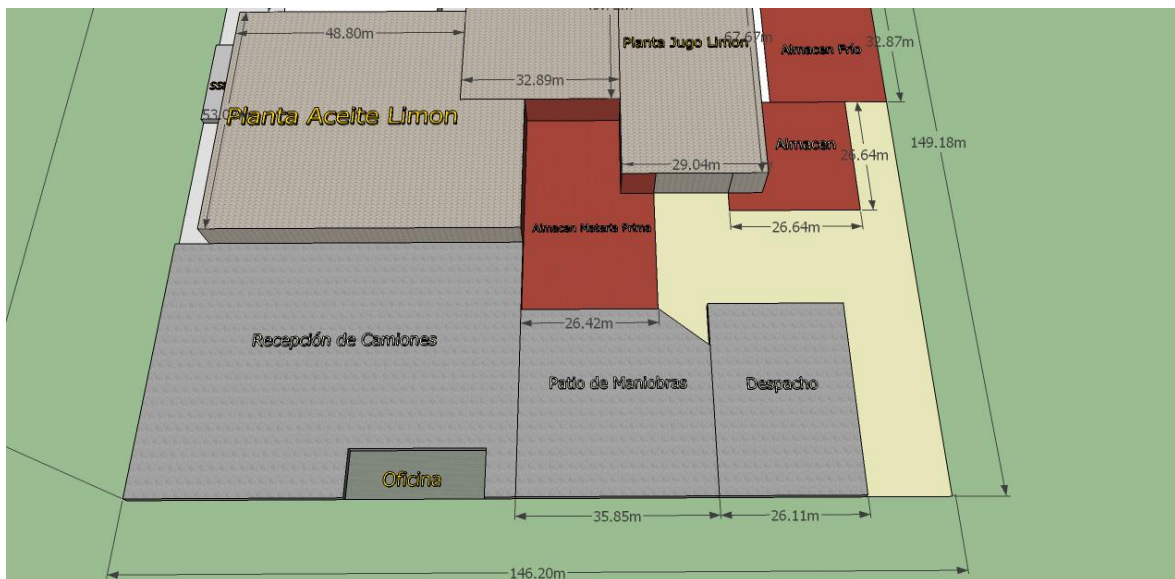


IMAGEN N°13: PLANO 1 DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"



IMAGEN N°14: PLANO 2 DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"



IMAGEN N°15: PLANO 3 DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"



IMAGEN N°16: PLANO 4 DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"



IMAGEN N°17: PLANO 5 DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"



IMAGEN N°183: PLANO 6 DE LA PLANTA GREEN LEMON
ELABORADO POR: GRUPO DE PROYECTOS "GREEN LEMON"