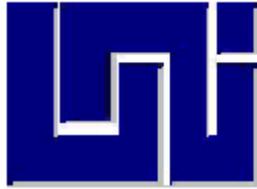


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**T.Mon
666.42
G216
2011**



**Diagnóstico Tecnológico del Proceso de Elaboración de Pasta
Arcillosa para la Producción de Cerámica Artística en el
Municipio de San Juan de Oriente**

TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO POR LAS BACHILLERES:

**Danelia del Socorro García Pineda
Eveling María González Chavarría**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO**

TUTOR: Ing. Javier Ramírez Meza

ASESOR: MSc. Ing. Sergio Álvarez

**Managua, Nicaragua
Julio, 2011**

AGRADECIMIENTO

Es importante brindar un agradecimiento especial a las instituciones que nos apoyaron durante todo este trabajo: Centro de Investigación Geotécnica de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua CIGEO - UNAN, Programa de Atención Empresarial PAE, artesanos y productores de cerámica de San Juan de Oriente, a la Facultad de Ingeniería Química FIQ y al Ministerio Agropecuario y Forestal MAGFOR.

Danelia García Pineda agradece:

A mi madre Aura Lila Pineda., fuente de mi inspiración, y refugio de mi fortaleza, por las palabras de aliento, esperanza y empuje para seguir adelante cada hora, cada día, cada año; ***al fin mamy lo logramos!!! Y todo es por usted.***

A mi padre Danilo Garcia., que aunque hace mucho tiempo no esta físicamente a mi lado, se que soy parte de él y él es parte de mi, por darme la vida y por escoger muy bien a la mujer que me dio la vida y esta conmigo todos los días.

A mi compañera y amiga, porque juntas estamos venciendo y gozando de nuestros propios éxitos, ***amiga tengo que decirte que llegamos a la meta!!!***

Al amor, en todas sus expresiones, ahora convertido en el amor de novios, Oliver Chavez., gracias por estar a mi lado, por tu gran apoyo, por ser mi compañía y por calmar las mareas de mis impulsos, por darme seguridad y confianza en mi.

A mi familia Pineda Salazar., por permanecer a mi lado hasta el día de hoy en unidad y compañía, gozando de mis triunfos y respaldándome a cada momento.

Al profesor, que nos acompañó en toda esta travesía.

Y para no cansar, gracias a todos los que estuvieron pendientes de mí en cada momento de este trabajo, a mis amigos de la universidad, del trabajo y de la iglesia.

Lo imposible no existe, lo difícil se alcanza

Eveling González agradece:

A Dios, por haberme dado la sabiduría y la inteligencia para culminar este trabajo.

A mis Padres y Abuelita, por el apoyo incondicional que me brindaron durante mis años de estudio y para la elaboración de este trabajo.

A mi tutor Javier Ramírez, por la constancia brindada durante el transcurso de dicho trabajo monográfico.

Al Ingeniero Sergio Álvarez, por la asesoría y asistencia brindada en la ejecución de este trabajo durante todo este tiempo.

A la Ingeniera Eloísa Rodríguez, por el tiempo y recursos brindados para la culminación de este trabajo.

A todas las personas que de una u otra forma me han apoyado tanto espiritualmente como materialmente para lograr con éxito la culminación de esta meta.

DEDICATORIA

Danelia García Pineda

A Dios, por darme vida y salud, por empujarme si alguna vez me detuve, por las fuerzas de seguir adelante y por permitirme ver el pasado como una experiencia más.

A la Virgen, por cuidar de mi a cada momento sin que la pueda ver, y aunque no la vea se que siempre esta a mi lado y nunca me ha permitido flaquear.

A mi madre que siempre esta a mi lado.

Eveling González

A Dios, fuente de vida y fortaleza en los momentos difíciles.

A mis Padres y Abuelita, fuentes de inspiración y soporte en todas las etapas de mi vida.

RESUMEN

En este estudio se realizó un diagnóstico del proceso para elaboración de pasta arcillosa usada en el sector cerámica del municipio de San Juan de Oriente, del departamento de Masaya.

Para lograr el propósito se realizó una valoración de las propiedades tecnológicas físicas y mecánicas a 4 bancos de materiales usados por dos talleres productores de pasta, también se realizó un análisis de distribución de tamaño de partículas a la arena de río usada en el proceso productivo. Debido a la poca información se realizó una sistematización de la información del proceso productivo empleado en los talleres, así como un estudio de mercado para el año 2007, con una proyección para los próximos 5 años.

Posteriormente se elaboraron cuatro pastas arcillosas, usando como materia prima la arcilla proveniente de los bancos de materiales. Finalmente se realizó una propuesta del proceso de producción tomando como referencia lo encontrado en la sistematización de la información del proceso, así como la implementación de procesos internacionales.

Los resultados obtenidos reflejan que los bancos de materiales son arcillosos limosos altamente plásticos con diámetros de partícula menores a 0.425 mm, siendo estas características propias para ser usada como materia prima en la elaboración de pasta arcillosa para la producción de cerámica artística. Por otro lado, la arena usada tiene partículas que oscilan entre 0.1060 - 0.15mm. Además los resultados de la sistematización del proceso productivo de pasta arcillosa, arrojan que éste se encuentra acorde al proceso descrito teóricamente, sin embargo requiere de seguimiento mediante la aplicación de mejor tecnología y normas de control de calidad. Al final la pasta elaborada con las proporciones usadas por los talleres semi-industriales, presentan características medianamente plásticas con humedad de moldeo por encima de los valores óptimos y una sensibilidad al secado muy alta, por lo que para ser usada tiene que ser adecuada por cada artesano, suministrando arena para no tener pérdidas en el proceso.

No obstante es necesario realizar pruebas para distintas proporciones de mezcla y determinar a partir de las características de los bancos de materiales la mezcla idónea en la que se tengan buenos rendimientos de las piezas de cerámica.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

Nicaragua cuenta con una tradición artesanal de la cerámica desde la época prehispánica, caracterizada por la gran diversidad de materias primas utilizadas y porque sus procesos son básicamente artesanales. El municipio de San Juan de Oriente localizado a 45 kilómetros al sur de Managua, del departamento de Masaya en la zona de la meseta de los pueblos, se destaca por la industria de artesanía en barro, siendo esta la actividad económica principal de la localidad, contribuyendo a las exportaciones del país por sus novedosos, únicos y llamativos diseños; tanto precolombinos, como contemporáneos, grabados en las piezas de cerámica, reflejando así la historia de nuestros antepasados y la vivencia del lugar. (Luna G. E., 2003).

De este municipio provienen magníficas obras de arte en barro, que los artesanos trabajan con los mismos métodos de hace cientos de años. Cada pieza es elaborada sobre un torno manual, calada y pintada a mano. Luego se pule con piedra fina, para darle un brillo característico y finalmente es quemada en horno de leña. Este proceso laborioso garantiza que se obtendrá una pieza exclusiva y única en su estilo¹. En la última década esta industria ha tenido un excelente auge, como consecuencia de la globalización comercial y la implementación del Tratado de Libre Comercio (TLC) con los Estados Unidos de America, esto conlleva un aumento sensible de la producción de piezas, por ende un mayor requerimiento de arcilla, así como de arena y agua para cumplir con la demanda del producto. Los artesanos de San Juan de Oriente, usan pasta arcillosa para la elaboración de sus piezas, la cual es producida principalmente de forma artesanal y semi-industrial. Esta última es elaborada por dos productores (hacen uso de equipos adquiridos para este fin, fabricados en talleres metalúrgicos nacionales), los cuales abastecen aproximadamente al 90% de los artesanos y el restante elabora su propia pasta de forma artesanal. Sin embargo, la técnica usada en cada proceso se basa en la experiencia de cada artesano y por ende las características finales de la pasta arcillosa también. Además, esta es una actividad en la que no se cuantifica la inversión de capital y trabajo del artesano². La mayoría de los artesanos de San Juan de Oriente, no cuentan con un proceso de elaboración de pasta arcillosa sistematizado, solamente hacen uso de su experiencia empírica, por ejemplo en el proceso de mezclado agregan proporciones de agua, arena y arcilla basadas en la textura por medio del tacto³. En el caso de los dos talleres semi-industriales, las propiedades tecnológicas de la pasta elaborada no se determinan mediante análisis de laboratorio, cada artesano productor la vende y luego los artesanos compradores la adecuan según su criterio para producir sus piezas cerámicas⁴.

¹ La Prensa, El Diario de los Nicaragüenses, 23 de septiembre del 2005

² Entrevista realizada al artesano Pedro Guerrero el 19/06/07

³ Entrevista realizada a los artesanos Pedro Guerrero y Felipe Gutiérrez el 19/06/07

⁴ Entrevista realizada al artesano Felipe Gutiérrez el 19/06/07

Según un estudio realizado por ADGEO para el año 2003 el municipio contaba con cuatro yacimientos de arcilla cuyo volumen del material era de 1106084 m³, sin embargo en la actualidad los artesanos no hacen uso de estos, debido a que uno se utilizó para construir el vertedero municipal y los otros se destinaron para material de construcción. A partir del año 2006 los artesanos hacen uso de los yacimientos que se encuentran en sus propiedades. La información concerniente de las propiedades físicas, mecánicas y tecnológicas de la arcilla (densidad, distribución de tamaño de partícula, plasticidad, límite líquido etc.) presente en estos yacimientos es muy pobre, así como la relación de su volumen aprovechable en el subsuelo y la información respecto al crecimiento de los talleres que trabajan la arcilla, igual es muy poca.

El Centro de Producción Más Limpia en Mayo de 2008 realizó un estudio sobre los indicadores de desarrollo sostenible para la fabricación de artículos de cerámica del municipio de San Juan de Oriente, el cual revela que para ese año habían estimado una población de 201 talleres de cerámica, además se encontró que de mediana empresa habían pasado a pequeña empresa; también se calcularon los rangos de consumos promedios de agua que varían entre 8.63 a 107.59 m³/año, se cuantificaron los indicadores de consumo para energía eléctrica en talleres de cerámica que varían entre 1,361.7 Kwh/año a 2,196Kwh/año y en la caracterización tecnológica se observaron que la mayoría de los procesos son artesanales ocupándose herramientas sencillas y muy elementales.

Hasta la fecha en que se realizó este trabajo, las características físicas mecánicas y tecnológicas de la materia prima no se conocían. Por otro lado, el proceso productivo no contaba con información sistematizada sobre las características de los materiales obtenidos en cada sub-etapa del proceso, ni sobre los equipos necesarios, ni sobre las relaciones de mezclas usadas y de las propiedades físicas y tecnológicas que presentan la pasta elaborada. Por tanto se hace necesario la realización de un estudio que determine las características físicas, mecánicas y tecnológicas de los yacimientos, así como la determinación de las propiedades físicas y tecnológicas de la pasta elaborada y usada por el 90% de los artesanos.

Este estudio es importante ya que se pretende identificar mediante un diagnóstico tecnológico las necesidades y debilidades que posee el proceso productivo de pasta arcillosa en el municipio de San Juan de Oriente, desde la extracción del barro en los yacimientos, hasta la obtención del producto final (pasta arcillosa), y de acuerdo a esto determinar un proceso de mejora sistematizado en cada área, determinando las características tecnológicas de la pasta considerando las proporciones que usan los artesanos productores. Por otro lado las diferentes formas que los artesanos usan para la elaboración de la pasta arcillosa causa un impacto en la calidad del producto final, es decir un cambio en las propiedades físicas, mecánicas y tecnológicas así como en la cantidad de las materias primas que entran al proceso. En definitiva, el diagnóstico tecnológico ayuda a conocer los procesos de elaboración de pasta, las propiedades particulares de cada yacimiento y los equipos utilizados, y brinda información sobre las necesidades actuales y futuras.

CAPITULO II

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un diagnóstico tecnológico del proceso de elaboración de pasta arcillosa para la producción de cerámica artística en el Municipio de San Juan de Oriente, Departamento de Masaya.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar las características físicas, mecánicas y tecnológicas de cuatro bancos de materiales usados en San Juan de Oriente para la elaboración de cerámica artística.
2. Realizar la descripción del proceso de elaboración de pasta arcillosa para la producción de cerámica artística en el municipio de San Juan de Oriente.
3. Realizar los balances de materiales del proceso de elaboración de pasta arcillosa para la producción de cerámica artística en el municipio de San Juan de Oriente.
4. Determinar las propiedades físicas y tecnológicas de la pasta arcillosa elaborada para la producción de cerámica artística en el municipio de San Juan de Oriente.
5. Analizar el proceso de cuantificación de la demanda, oferta y demanda potencial insatisfecha de la pasta arcillosa usada para la producción de cerámica artística en el municipio de San Juan de Oriente.
6. Realizar análisis comparativos de los resultados y su correspondencia con los parámetros óptimos de producción.
7. Elaborar una propuesta de estructuración y organización tecnológica del proceso de elaboración de pasta arcillosa.

CAPITULO III

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 CARACTERISTICAS Y COMPOSICION DE LA MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACION DE PASTA ARCILLOSA PARA CERAMICA ARTISTICA.

Los materiales que constituyen la materia prima para la elaboración de la pasta arcillosa de forma artesanal se divide en dos grupos:

- **Materiales arcillosos:** Son los responsables de la plasticidad y de la fuerza de cohesión para todo los otros elementos no plásticos.
- **Aditivos o agregados:** Se emplean para mejorar las propiedades tecnológicas, y estos se conocen como materiales no plásticos

3.1.1 Arcilla

La arcilla no es una roca primitiva sino el producto de la descomposición de ciertas rocas ígneas antiguas o feldespáticas, durante millones de años para dar lugar a partículas pequeñísimas, se presenta en terrenos llamados estratificados generalmente en capas muy regulares. La arcilla desempeña un papel importante en el campo industrial ya que siempre se han usado para producir cerámica artística como: vajillas, ollas, tasas, juguetes, en sí una serie de objetos que eran útiles tanto para la cocina como para el hogar en general y que identifican una pieza única. También se considera como una sustancia mineral terrosa compuesta en gran parte de hidrosilicato de alúmina que se hace plástica cuando se humedece y dura parecida a la roca cuando se cuece⁵.

PROPIEDADES GENERALES DE LA ARCILLA

Las distintas arcillas se formaron, primero a partir de la descomposición de las formaciones rocosas y, por la acción de distintos factores, presión tectónica, movimientos sísmicos, distintos tipos de erosión, etc., y segundo, por la adquisición, durante el viaje hasta su lugar de sedimentación, de diferentes impurezas de origen mineral; por lo tanto, dependiendo de las características de la roca de origen, existen innumerables tipos de arcillas, cada una de las cuales posee unas propiedades particulares⁶.

La arcilla pura es el silicato de aluminio, llamado **caolín**. Físicamente se considera un coloide, de partícula extremadamente pequeña y superficie lisa. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado, bastante resistente a la acción química de los reactivos; sin embargo, es atacada por algunos de estos, sobre todo si se le aplican condiciones apropiadas de presión, temperatura y concentración. Su fórmula química es:



⁵ Cepeda Dovala, Juan Manuel. Química de Suelos. Editorial Trillas. México, Universidad Nacional Autónoma Agraria Antonio Narro. Segunda Edición 1991.

⁶ Wiley John and Sons. Geographic Information Systems and Introduction. Tercera edición. 2002

La propiedad característica de las arcillas es la plasticidad, la aptitud para tomar una forma determinada por efecto de la presión en presencia de una porción adecuada de agua y para conservar esa forma cuando la presión desaparezca. Además posee también sonoridad y dureza al cocerla por encima de 800° C⁷.

La arcilla proporciona las propiedades plásticas, mientras que el cuarzo, la arena o la pigmetita, contribuyen al proceso de transformación de los materiales dentro del horno, actuando como fundentes⁸. También, es un conjunto de sustancias minerales, en las que se encuentran:

- Elementos plásticos: Son materias plásticas compuestas de silicato de aluminio hidratadas.
- Elementos magros o desengrasantes: Son la sílice, la arena y las arcillas con concentraciones de sílice.
- Elementos fundentes: son los feldespatos, las micas, la cal, los fosfatos y las arcillas fundentes, ferrosas y calcáreas.⁹

En la tabla 3.1 se encuentra los compuestos minerales encontrados comúnmente en la arcilla, de las cuales las más comunes son los llamados Caolines y Montmorillonitas¹⁰.

.Tabla 3.1 Compuestos minerales encontrados comúnmente en la arcilla.

TIPO	COMPUESTOS	FÓRMULA
Cuarzo	Óxido de Silicio	SiO ₂
Silicatos	Feldespato	(Ba,Ca,Na,K,NH4)(Al,B,Si) ₄ O ₈
	Espodumena	LiO ₂ .Al ₂ O ₃ .4SiO ₂
	Caolines	Al ₂ O ₃ .2SiO ₂ .24H ₂ O Al ₂ O ₃ .3SiO ₂ .2H ₂ O Al ₂ O ₃ .SiO ₂ .4H ₂ O
	Montmorillonita	De composición altamente variable, formada principalmente por óxidos de silicio, aluminio y magnesio
	Illitas	K ₂ O.8R ₂ O.24SiO ₂ .12H ₂ O;R: metal divalente
	Atapulgitas	K ₂ O.3Mo.8R ₂ O.24SiO ₂ .12H ₂ O (OH)4Al ₄ Mg5Si ₈ O ₂₀ .4H ₂ O 2MgO.3Si ₈ O ₂₀ .4H ₂ O
	Petalita	LiO ₂ .Al ₂ O ₃ .8SiO ₂
	Cinita	Al ₂ O ₃ .4SiO ₂
	Circón	ZrO ₂ .SiO ₂
	Wollastonita	CaO.SiO ₂
	Anortosita	CaO.Al ₂ O ₃ .2SiO ₂
Olivino	2NaO.4SiO ₂	

⁷ Cepeda Dovala, Juan Manuel. Química de Suelos. Editorial Trillas. México, Universidad Nacional Autónoma Agraria Antonio Narro. Segunda Edición 1991.

⁸ Wiley John and Sons. Geographic Information Systems and Introduction. Tercera edición. 2002

⁹ http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/109/html/sec_6.html

¹⁰ http://www.quiminet.com/ar5/ar_advcbcBuAAAss-que-son-las-arcillas.htm

No silicatos	Bauxita	$Al_2O_3 \cdot NH_2O$
	Magnetita	$MgCO_3$
	Dolomita	$MgCa (CO_3)_2$

Para la industria cerámica, las propiedades más importantes son las relacionadas con las reacciones efectuadas entre los diferentes silicatos de la arcilla para formar compuestos de ciertas características como resistencia, dureza, aumento de densidad, disminución de absorción, según la reacción que haya tenido lugar.

La arcilla endurecida mediante la acción del fuego fue la primera pieza cerámica elaborada por el hombre, y aún es uno de los materiales más baratos y de uso más amplio. Ladrillos, utensilios de cocina, objetos de arte e incluso instrumentos musicales como la ocarina son hechos de arcilla. También se la utiliza en muchos procesos industriales, tales como en la elaboración de papel, producción de cemento y procesos químicos. El diámetro de las partículas de la arcilla es inferior a 0.002 mm aproximadamente¹¹.

CLASIFICACIÓN DE LA ARCILLA

Las arcillas pueden ser de dos clases, según su procedencia o según su uso¹², a continuación se detallan de acuerdo con su procedencia

Primarias o residuales: Formadas in situ, por la desintegración de rocas. Contienen partículas sin ninguna clasificación, desde caolinizadas, hasta fragmentos de roca y minerales duros e inalterados. Por su heterogeneidad no son de mucha aplicación en la industria cerámica.

Secundarias o sedimentarias: Son transportadas y depositadas en pantanos, lagos, océanos, etc. Están clasificadas por tamaño debido al transporte, estas arcillas tienen mejores condiciones para la industria cerámica.

Según el uso de las arcillas en la producción cerámica estas se dividen en: arcillas de alfarería y de loza. Si al cocerse la arcilla adquiere un color rojo o amarillento y su textura es porosa, entonces es arcilla de alfarería y también recibe el nombre de **terracota**. Mientras que las arcillas de loza se subdividen en otras variedades detalladas a continuación; si la arcilla cocida adquiere un color blanquecino y su textura es porosa recibe el nombre **refractario**, por otro lado, si presenta un color entre el amarillento y el gris, habiéndose vitrificado algunos elementos de su composición, con una textura poco porosa, recibe el nombre de **gres**. En el caso que adquiera un color blanco semitransparente, mostrando una textura impermeable, recibe el nombre de **porcelana**.

A través del tiempo se han propuesto numerosas formas de clasificación de las pastas, pero de todos el más usado es su apariencia determinado por su color y comportamiento, la cual generalmente se relaciona con las propiedades y usos del objeto que se desea obtener, en la tabla 3.2, se presenta las características de la

¹¹ Juárez Badillo, Rodríguez Rico. Mecánica de Suelos, 2001.

¹² Juárez Badillo, Rodríguez Rico. Mecánica de Suelos, 2001.

arcilla de acuerdo a su apariencia y en la tabla 3.3 se presentan el uso mediante su tipo de moldeo.

Tabla 3.2 Clasificación de las arcillas según su apariencia.

TIPOS	CARACTERÍSTICAS
Arcilla Roja	Presenta elevados contenidos de hierro que al oxidarse le confieren dicha tonalidad. Se usa comúnmente en la producción de objetos como ladrillos, tejas, baldosas y piezas de cerámica artística.
Arcilla Blanca	Se elabora con materiales que no contienen óxidos productores de color, los cuales al cocerse adquieren un tono blanco crema o amarillento, se emplean para obtener porcelana, loza, gres.

Tabla 3.3 Clasificación de las arcillas según tipo de moldeo

TIPO DE MOLDEO	PARTICULARIDADES	PRODUCTO TÍPICO
Manual	Torneado/Moldeado	Cerámica Artística
Extrusión	Únicamente Prensado Mecanizado	Ladrillos Tejas Porcelana eléctrica
Prensado	Normal	Gres, azulejos, refractarios
Colado	Barbotinas	Gres, vajillas, loza, sanitario.

Las materias primas utilizadas para preparar la pasta arcillosa son generalmente minerales, previamente sometidos a procesos. Ya que el 99% de la corteza terrestre se compone de H₂O, TiO₂ y óxidos de Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na y K son precisamente dichos compuestos los componentes principales de las pastas, es evidente el gran número de minerales con los que teóricamente pueden producirse objetos cerámicos; este número aumenta todavía si se considera que, como consecuencia del diverso origen y de la diferente historia geológica de los yacimientos, un mismo mineral presenta importantes diferencias de un yacimiento a otro, y frecuentemente también de una zona a otra del mismo yacimiento.

Para saber si una arcilla puede ser empleada para fines cerámicos, es necesario realizar una caracterización del material que se empleará, por lo que se hace necesario determinar las propiedades físicas, mecánicas y tecnológicas de la materia prima que se utilizará¹³.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ARCILLA.

Las propiedades físicas de mayor relevancia para el presente estudio son:

1. HUMEDAD

Es la cantidad de agua contenida en los poros. La capacidad de absorción de la arcilla está directamente relacionada con las características texturales (superficie

¹³ Lambert T. William, Whitman Robert U. Mecánica de Suelos, 1987.

específica y porosidad); se dan dos tipos de procesos: absorción (cuando se trata de procesos físicos como la retención por capilaridad) esta es mayor del 100% con respecto al peso, y la adsorción cuando existe una interacción química entre el adsorbente, en este caso la arcilla, y el líquido denominado adsorbato. Cuando el contenido de humedad aumenta, las partículas de suelo se orientan bajo el efecto de una presión, siendo la tensión de las láminas de agua que mantienen juntas y orientadas las partículas, modificando así la erosión y la plasticidad¹⁴.

2. DENSIDAD

Es la relación del peso por unidad de volumen. La máxima densidad de un suelo se obtiene si los espacios entre partículas de un diámetro determinado se rellenan con partículas de diámetro menor. Cuanto más denso es un suelo más sólido es el mismo, pero existen arcillas densas con hinchamiento las cuales para el estado de saturación pierden la solidez y su resistencia a la erosión. El peso específico de los suelos cohesivos entre pequeños límites promedios de 2.60 a 2.75 gr /cm³ por lo tanto no influye en la erosión. La densidad de la arcilla seca oscila en un rango de 1,200 a 2,100 kg/m³ aproximadamente¹⁵.

3. COMPOSICIÓN GRANULOMETRICA - TAMAÑO DE PARTÍCULA

El tamizado se emplea para obtener las fracciones correspondientes a los tamaños mayores del suelo; generalmente se llega así hasta el tamaño correspondiente a la malla del tamiz N° 200 (0.074 mm). Posteriormente se realiza la medición de las partículas más finas usando el método del hidrómetro establecido por Golshmidt y Bouyoucos. El hidrómetro está fabricado en cristal y consta de un tallo que contiene una escala numerada y de un bulbo, en cuya parte inferior se encuentra un lastre. El hidrómetro de Bouyoucos no es más que un densímetro al cual se ha colocado una escala capaz de medir gramos de suelo en suspensión. Este método requiere el uso de reactivos como agentes dispersantes (hexametáfosfato de sodio) y antiespumantes (alcohol amílico). La textura del suelo está determinada por la proporción en la que se encuentran en una determinada muestra de suelo las partículas elementales de varias dimensiones que lo conforman, estas se grafica en el llamado Triangulo de Texturas¹⁶ ver figura 3.1, así mismo los suelos se clasifican por medio del Sistema de Clasificación de Suelo Unificado (en inglés USCS) para describir textura y tamaño de partícula del suelo directamente relacionado con el Limite Líquido. El USCS tiene tres grupos de clasificación mayores¹⁷:

Suelos de grano grueso (arenas y gravas)

Suelos de grano fino (limos y arcillas)

Suelos altamente orgánicos (referidos como lodo, fango, etc)

¹⁴ Harmer E. Davis. The testing and inspection of engineering materials. McGraw-Hill Civil Engineering Series. Tercera edición. 1964

¹⁵ Lambert T. William, Whitman Robert U. Mecánica de Suelos, 1987.

¹⁶ http://es.wikipedia.org/wiki/Textura_del_suelo

¹⁷ http://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_de_suelos

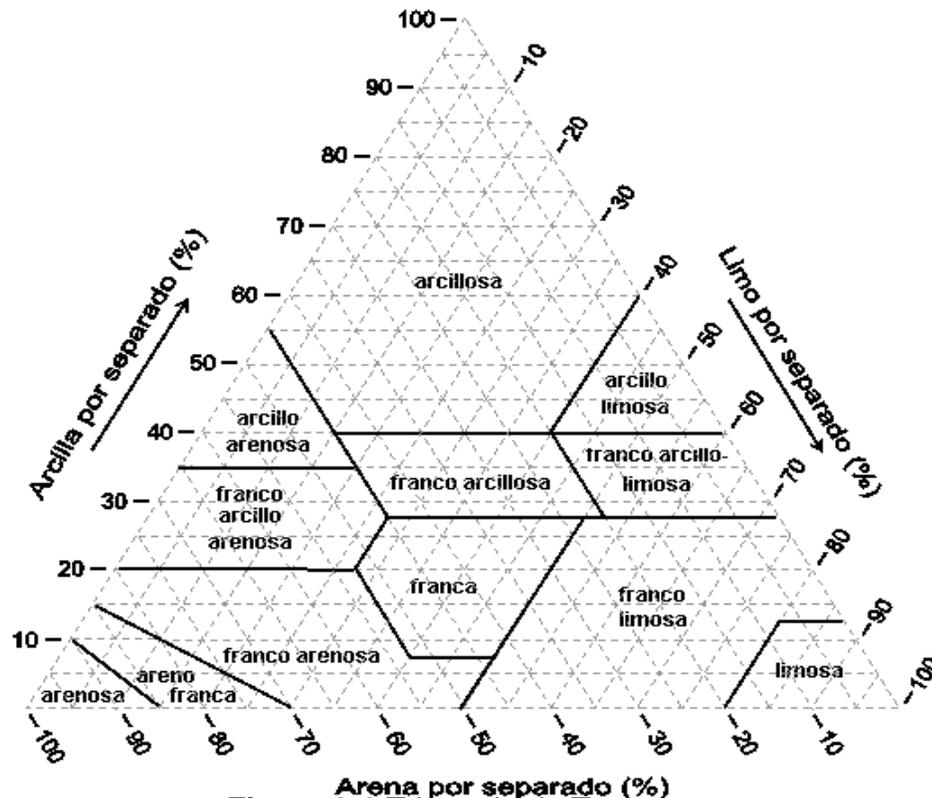


Figura 3.1 Triángulo de Texturas

PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA ARCILLA

Las propiedades tecnológicas de mayor relevancia para el presente estudio son:

1. LÍMITE LÍQUIDO

Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. Indica también si el suelo contiene humedad suficiente para superar la fricción y cohesión interna. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso. En los granos gruesos de los suelos, las fuerzas de gravitación predominan fuertemente sobre cualquiera otra fuerza; por ello, todas las partículas gruesas tienen un comportamiento similar. En los suelos de granos muy finos, sin embargo, fuerzas de otros tipos ejercen acción importantísima; ello es debido a que en estos granos, la relación de área a volumen alcanza valores de consideración y, fuerzas electromagnéticas desarrolladas en la superficie de los compuestos minerales, cobran significación. En general, se estima que esta actividad en la superficie de la partícula individual es fundamental para tamaños menores que dos micras (0.002 mm)¹⁸.

¹⁸ T.J. Marshall, J.W. Colmes y C.W. Rose. Soil Physics, Editorial Cambridge. Third Edition

Por el valor numérico el límite líquido¹⁹ se clasifica como sigue:

Baja:	LL < 30
Media:	30 < LL < 50
Alta:	LL > 50

Además este se encuentra graficado en la Carta de Plasticidad en la figura 3.2. y el suelo se define por su ubicación dentro de la carta.

2. LÍMITE PLÁSTICO

La frontera convencional entre los estados semisólido y plástico de un suelo, se llama límite plástico, su valor esta dado por el contenido de humedad que tiene la arcilla en tal estado límite. Es la propiedad que presenta la arcilla de modelarse, estirarse o comprimirse hasta cierto límite sin romperse.

3. ÍNDICE DE PLASTICIDAD

La plasticidad es la propiedad de un material, por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse. Esta es una de las propiedades más marcadas de la arcilla, la cual al humedecerse bajo el efecto de una acción exterior toma la forma deseable sin que aparezcan interrupciones ni grietas, y conservar la forma adquirida durante el secado y la cocción. Esto se debe al contenido de partículas finas que ejercen una influencia importante en la compresibilidad del suelo, mientras que el pequeño tamaño propio de esas partículas hace que la permeabilidad del conjunto sea muy baja. La plasticidad no es una propiedad permanente de las arcillas, sino circunstancial y depende de su contenido de agua²⁰.

El índice técnico de la plasticidad se evalúa por el número de la plasticidad, que es una medida cuantitativa, el cual refleja la diferencia numérica entre el límite plástico del suelo y el límite líquido, es decir presenta la diferencia entre las humedades de la arcilla en el límite inferior de fluidez y en el límite de plasticidad. Permite medir la capacidad de compresión y la cohesión del suelo. Los valores menores de 10 indican baja plasticidad, y valores cercanos a los 20 señalan suelos muy plásticos²¹.

¹⁹ <http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/uscsM2.htm>

²⁰ Lambert T. William, Whitman Robert U. Mecánica de Suelos, 1987.

²¹ <http://www.monografias.com/trabajos15/suelos-consistencia/suelos-consistencia.shtml>

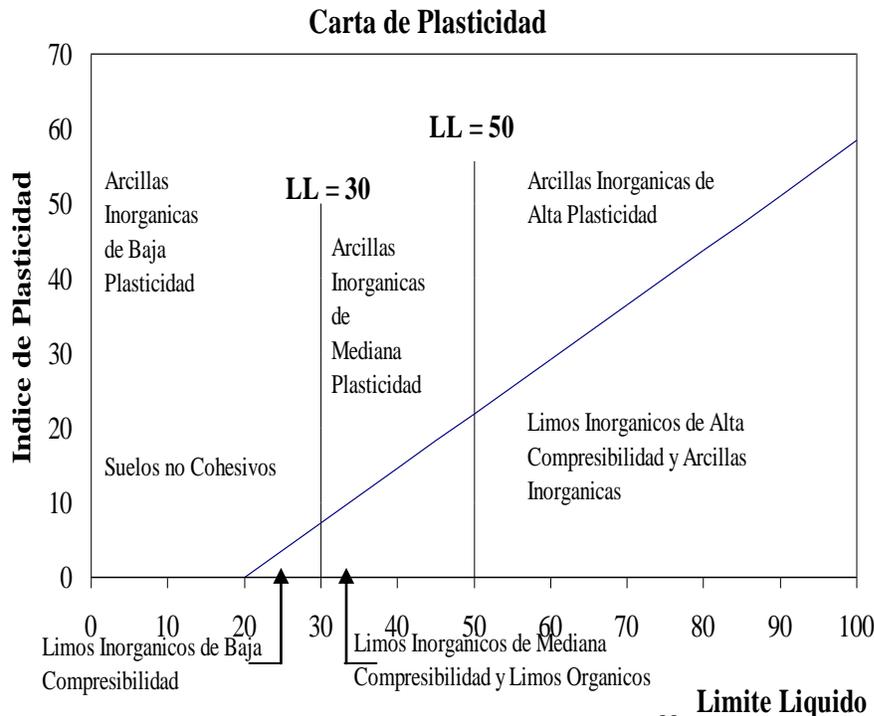


Figura 3.2 Carta de Plasticidad²²

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA ARCILLA

Las propiedades mecánicas de mayor relevancia para el presente estudio son:

1. RESISTENCIA A LA PRESIÓN:

Es la resistencia que oponen las partículas a deslizarse entre sí. Es consecuencia de la fricción interna y la cohesión del material; cuanto más resistencia al cizallamiento más difícil será la compactación. La compactación es la densificación de los materiales del suelo por el uso de energía mecánica. La resistencia al corte de un suelo, es la tensión de corte o cizallamiento en el plano de corte y en el momento de falla. En general, los suelos presentan un comportamiento mixto, y la resistencia de los mismos se expresa como la suma de ambos comportamientos: la resistencia debida a la fricción interna y la resistencia debida a la cohesión. La cohesión a que se hace referencia corresponde diferenciarla en cohesión verdadera y cohesión aparente. La primera es la cohesión real entre partículas que se desarrolla cuando las mismas han permanecido en contacto estacionario durante un largo período de tiempo (envejecimiento). Sin embargo, la magnitud de la cohesión verdadera es muy pequeña y por lo tanto su contribución a la resistencia es también reducida. Por su parte, la cohesión aparente se presenta debido a la existencia de tensiones capilares que se producen en suelos no saturados.

²² <http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/uscsM2.htm>

Las arcillas se presentan como un material cohesivo, ya que si bien pueden tener una cohesión verdadera de pequeña magnitud, pueden desarrollarse en ellas tensiones capilares importantes que dan lugar a una cohesión aparente considerable, razón por la cual se puede definir que la arcilla posee una considerable resistencia a la presión²³.

3.2 CARACTERIZACION DE LA PASTA ARCILLOSA PARA LA PRODUCCION DE CERAMICA ARTISTICA.

3.2.1 Pasta Arcillosa

La pasta arcillosa es una masa formada por una mezcla homogénea de sustancias minerales (arcilla y arena) y agua, los cuales brindan las características necesarias para ser trabajado a mano, al torno, con moldes, mediante estampado o a presión. Esta propiedad se debe a que los diversos minerales que la conforman se mantienen unidos por las fuerzas de Vander Waals que generan la plasticidad durante las sucesivas fases. La arcilla mezclada con agua, puede amasarse en una pasta que puede adoptar toda clase de formas mediante presión y moldeado, así como ofrecer mayor resistencia a la coadura. Esto puede ser debido a la finura del grano (cuanto más pequeña y aplanada), la atracción química entre las partículas, la materia carbonosa así como una cantidad adecuada de materia orgánica.

En la preparación de una pasta arcillosa existen tres ingredientes principales provenientes de la arcilla: los elementos plásticos, los magros o desengrasantes y los fundentes, que fueron descritos en la arcilla 3.1.1, por lo que la proporción y calidad de estos tres ingredientes determinará la pieza de cerámica artística.

La preparación de las pastas de arcilla es acondicionarlas para los procesos de moldeo, secado y cocción, por tanto a la pasta elaborada debe valorarse las siguientes propiedades:

PROPIEDADES FÍSICAS DE LA PASTA ARCILLOSA

La propiedad tecnológica de mayor relevancia para el presente estudio es:

1. HUMEDAD DE MOLDEO

La humedad de moldeo es la cantidad de agua que debe contener la pasta arcillosa, cuando está en su punto óptimo de moldeo, esto ocurre cuando la pasta arcillosa, ha alcanzado la consistencia adecuada y al tomarla con la mano ya no se adhiere.

PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA PASTA ARCILLOSA

Las propiedades tecnológicas de mayor relevancia para el presente estudio son:

²³ Harmer E. Davis. The testing and inspection of engineering materials. McGraw-Hill Covil Engineering Series. Tercera edición. 1964

1. LÍMITE LIQUIDO

Es el contenido de humedad por debajo del cual la pasta elaborada se comporta como un material plástico. Indica también si esta pasta contiene humedad suficiente para cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

2. LÍMITE PLÁSTICO

Es la propiedad que presenta una pasta arcillosa elaborada a: moldearse, estirarse o comprimirse hasta cierto límite sin romperse. Al paso del estado plástico al semisólido se le conoce como límite plástico, su valor esta dado por el contenido de humedad que tiene la pasta en tal estado límite. La resistencia de la pasta arcillosa disminuye rápidamente al aumentar el contenido de humedad más allá del límite plástico²⁴.

3. ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Todo ceramista debe saber que si su pasta no es suficientemente plástica no será posible trabajarla, aunque tan malo suele ser un exceso como un déficit de plasticidad. Esta se puede definir como la medida de cantidad de agua que hay que añadir a una arcilla para que pueda conformarse. Cuantitativamente puede medirse con el plastógrafo de Brabender²⁵. Un aumento de la plasticidad proporciona ciertas ventajas que pueden resumirse en: una mayor ductibilidad (trabajabilidad) de los productos moldeables o piezas con una mejor resistencia en verde y en seco. Esta característica es fundamental para evitar la rotura de las piezas en los trabajos de transporte y la manipulación. La plasticidad de la pasta aumenta con el almacenaje, y con el amasamiento. Las pastas de arcillas grasas presentan una elevada plasticidad incluso con humedades bajas.²⁶

4. CONTRACCIÓN AL SECADO

Consiste en la reducción de las dimensiones lineales y el volumen de la materia bruta. La contracción se expresa en porcentaje del tamaño inicial del artículo. El secado es un fenómeno en donde el agua de humedad debe migrar a la superficie para su evaporación. La contracción al secado transcurre, como consecuencia de la circulación del agua desde el interior del retículo arcilloso hacia la superficie en donde se forma una capa límite que entra en contacto con la corriente de aire. Las pastas de arcilla pierden su agua de amasado en el proceso de secado, por tanto disminuyen de tamaño. La presencia de partículas bipolares de agua en los bordes de los granos de arcilla, hace posible la presencia de cierta energía en esta etapa del secado. A medida que avanza el secado van apareciendo grietas debido a la evaporación del agua, las partículas se van aproximando y la contracción se hace evidente²⁷.

²⁴ Lambert T. William, Whitman Robert U. Mecánica de Suelos, 1987.

²⁵ Álvarez Rogel José. Edafología y Química Agrícola. Universidad Politécnica de Cartagena.

²⁶ Álvarez Rogel José. Edafología y Química Agrícola. Universidad Politécnica de Cartagena.

²⁷ Harmer E. Davis. The testing and inspection of engineering materials. McGraw-Hill Civil Engineering Series. Tercera edición. 1964

DETERMINACION DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE HUMEDAD Y HUMEDAD DEL YACIMIENTO

A parte de las características anteriores propias de la pasta, cabe mencionar que la arcilla por ser higroscópica se comporta de manera diferente dependiendo del ambiente en el que se encuentra, por lo que se determina la humedad del ambiente, así como la humedad del yacimiento después del pulverizado, este dato será utilizado en los balances como el máximo de humedad que se puede eliminar en el secado solar.

1. DETERMINACION DE LA HUMEDAD ABSOLUTA DEL AIRE

Esta prueba se caracteriza por determinar la humedad absoluta del aire, a partir de la humedad relativa y la temperatura de bulbo seco del Municipio de San Juan de Oriente. Este cálculo es primordial al momento de realizar los balances en el secado solar de la arcilla, una vez extraída del yacimiento. Es necesaria ya que debe existir un equilibrio entre la humedad absoluta que existe en el aire y la humedad a la cual se logra secar la arcilla, para determinar hasta que limite de desecación puede llegar la arcilla, por lo que debe ser mayor la humedad que queda en el yacimiento que la que existe en el aire.

2. CALCULO DE HUMEDAD DEL YACIMIENTO DESPUES DE PULVERIZADO

Este análisis se realiza para determinar la cantidad de humedad que existe en la arcilla una vez que esta es secada de manera solar y luego pulverizada en un molino de martillos, para saber el contenido de humedad de esta a la salida del equipo y a la entrada del mezclador. Esta prueba es realizada en el laboratorio con diferencia de pesos antes y después de sacada del horno a una temperatura de 105 °C durante una hora.

3.3 DESCRIPCION DE LAS ETAPAS DE ELABORACION DE PASTA ARCILLOSA PARA LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE CERÁMICA ARTÍSTICA.

Dependiendo del lugar de procedencia de las piezas de cerámica artística, así es su proceso de elaboración ya que depende de las enseñanzas que los artesanos han adquirido de sus padres y abuelos, a continuación se describe el proceso utilizado en México.

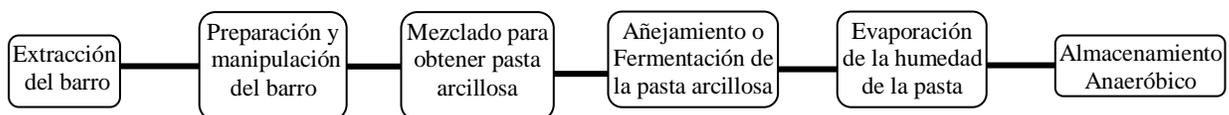


Figura 3.3 Etapas comunes del proceso de elaboración de la pasta arcillosa para la producción de cerámica artística²⁸.

²⁸ La cerámica de Servin. México desconocido No. 222 / agosto 1995.

- 1) **Extracción del barro:** Se realiza principalmente en minas a cielo abierto, mediante el empleo de maquinaria como bulldozers, cargadores y volquetas. Se inicia realizando un descapote del terreno, con el fin de eliminar la mayor cantidad posible de material vegetal, así como los materiales considerados de desecho (piedras, raíces, etc.), los cuales al estar presentes en el material a procesar pueden originar problemas en la calidad del producto final.
- 2) **Preparación y Manipulación del barro:** La arcilla proveniente de la mina se almacena en grandes patios adyacentes a la planta, donde se adiciona agua y en ciertos casos se requieren de agentes químicos que promueven su humectación y plastificación.
- 3) **Mezclado de materiales:** Se mezcla la arcilla con arena en seco, seguidamente se le adiciona agua, este proceso se realiza en pilas elaboradas para este fin
- 4) **Añejamiento o Fermentación de la pasta arcillosa:** consiste en dejar reposar la pasta en piletas con agua y pulque (uno de los “Secretos” de los artesanos ceramistas) para lograr una mayor fragmentación de sus componentes y por tanto una consistencia más sólida, es decir mayor dureza y resistencia.
- 5) **Evaporación de la pasta:** La pasta se seca por evaporación, en la amasadora de arcilla, efectuando el precalentamiento de la pasta con vapor a temperaturas entre 50 y 80 °C, en la cámara de vacío se elimina en parte el aire y vapor de agua de la masa, logrando un volumen de aire en la masa entre el 3 y el 5 %.
- 6) **Almacenamiento anaeróbico:** La pasta se empaca en gruesas bolsas de plástico para conservar la humedad que se requiere para moldearla, esto se logra evitando el contacto directo con el ambiente, no permitiendo la transferencia de agua entre la pasta elaborada y el aire.

3.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA PRODUCCIÓN DE PASTA ARCILLOSA.

3.4.1 Criterios para selección de equipos.

El diseño tecnológico y la selección de equipos y accesorios para la elaboración de la pasta arcillosa deben satisfacer un conjunto de criterios productivos, tecnológicos y económicos, orientados a obtener resultados óptimos que inciden directamente en la eficiencia y eficacia de los procesos productivos, la calidad del producto terminado, la rentabilidad de la empresa y por ende incidir en el mejoramiento del nivel de vida de los artesanos productores de cerámica artística en el Municipio de San Juan de Oriente.

Estos criterios son los siguientes:

1. VOLUMEN ANUAL DE PRODUCCIÓN DE PASTA.

El calculo del volumen de producción, parte de la cuantificación de la demanda y oferta de la pasta en el municipio de San Juan de Oriente, la cual se determina a través de encuestas personales realizadas in situ a un porcentaje establecido de talleres artesanales; en base a esos resultados se cuantifica y se proyecta la demanda potencial insatisfecha de pasta arcillosa que existe en el sector artesanal, posteriormente en base a criterios propios se decide el porcentaje de demanda insatisfecha de pasta que se desea abastecer, se proyecta para n años y se obtiene el volumen de producción por año de pasta.

2. PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y TECNOLÓGICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS.

Como producto del cambio en las propiedades que presenta el material arcilloso y la arena al procesarse individualmente en estado seco y al momento de mezclarse ambos con el agua, cambian nuevamente sus propiedades, tornándose una mezcla pegajosa y un poco pesada de manipular, se requieren equipos diseñados especialmente para trabajar de forma óptima este tipo de material .

3. ESTADO Y NATURALEZA DE LAS MATERIAS PRIMAS PARA SU ELABORACIÓN.

Esto depende del estado físico en que se encuentren las materias primas principales (arena y arcilla), ya que la primera fase del proceso se complica un poco si están húmedas.

4. CALIDAD REQUERIDA DEL PRODUCTO FINAL, CON REFERENCIA A LAS EXIGENCIAS DEL MERCADO Y REQUERIMIENTOS SOLICITADOS POR EL CLIENTE.

Una pasta libre de grumos, con características homogéneas, de alta compacidad y con óptimas condiciones físicas, mecánicas y tecnológicas, es el tipo de producto que se busca para obtener piezas artísticas de calidad que sean resistentes y no se rompan fácilmente.

5. EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS AL PROCESAR LA CANTIDAD REQUERIDA CON LA CALIDAD REQUERIDA (CAPACIDAD Y CALIDAD DE PRODUCCIÓN).

Para tener éxito en toda la cadena productiva de pasta arcillosa y evitar costos de producción innecesarios y pérdidas de tiempo, de insumos y de producto terminado, se requieren equipos de alta eficiencia y con una capacidad de producción acorde a la cantidad de material y al tipo de material que en ellos se va a procesar.

6. PROCESO PRODUCTIVO GLOBAL.

Cada equipo tiene una capacidad máxima de diseño, proyectada para que la planta trabaje a su máxima capacidad, basado en el último año de proyección de la demanda, con el fin de evitar costos futuros por el crecimiento del volumen de producción de la planta.

3.4.2 Equipos para la elaboración de pasta arcillosa

Los equipos utilizados para la elaboración de la pasta arcillosa son los siguientes:

1. MOLINO

Para arcilla el molino debe poseer las siguientes características²⁹

- Alta relación granulométrica en el tratamiento de arcillas de todo tipo y materias primas de baja y mediana dureza.
- Capacidad de conferir al producto molido el refinado requerido, pero simultáneamente la morfología del grano del producto molido garantiza un gran mejoramiento de la resistencia mecánica en crudo del producto acabado.
- Se puede obtener un porcentaje de polvos pasante entre 60 – 80%.
- En relación a las ventajas tecnológicas de estos molinos se tiene que los martillos son de aleaciones especiales, pueden ser rotados fácilmente para obtener un mayor rendimiento, su diseño interior permite una fácil y rápida sustitución de los martillo, de las corazas y de la parrillas.
- Se adapta perfectamente a las exigencias de molido primario al inicio del proceso de preparación de las materias primas, y en muchos casos actúan como verdaderos molinos acabadores, con una larga constancia productiva, gracias a los bajos niveles de desgaste.
- Rendimientos energéticos extremadamente favorables respecto de molinos tradicionales, trituradores y de cilindros

2. MEZCLADOR

El mezclador es el equipo en el cual se obtendrá la pasta arcillosa, para este equipo se requieren las siguientes características tecnológicas:

- La completa defloculación de las arcillas sobre las partículas humidificadas.
- La predisposición a una perfecta absorción de agua en la fase de humidificación.
- Perfecta homogenización de los polvos con un ligero efecto de granulación / aglomeración facilitando el tratamiento en las fases sucesivas.
- Eliminación de las formaciones de grumos.
- Precisión en la humidificación de agua que garantiza una constante en el mezclado e igual cantidad de agua en toda la mezcla.
- Uniformidad de empuje en la faja de descarte en fase de extracción, con eliminación de tensiones internas de la pasta, con los consecuentes reflejos positivos en el secado y reducción de la potencia absorbida de la extrusora

3. PILAS DE FERMENTACIÓN

Por lo general la fermentación se realiza en pilas rectangulares de concreto las cuales se deben tapar para mantener la humedad adecuada dentro de esta. Tienen una relación ancho/largo de 1:2, y una altura de 1 metro, para facilitar su total evacuación.

²⁹ www.manfredinieschianchi.com/equiposarcilla.htm

4. EXTRUSOR

Este equipo recibe la pasta obteniéndose un producto final más compacto, más resistente y más denso, que significa el éxito en el proceso posterior que es el empaque, por lo que será de una mejor calidad ya que producirá menos pérdidas y ausencias de burbujas de aire.

5. TAMIZ

Son necesarios dos tamices, uno para la arena cruda proveniente de los arroyos y ríos, es necesario que sea resistente a la materia prima a procesar preferentemente de acero inoxidable ya que esta contiene cierta cantidad de humedad y se volverá pesada.

Y el otro tamiz que recibe la arcilla proveniente de la pulverización para obtener el diámetro de partícula deseado, su construcción se prefiere de acero.

3.5 DIAGNÓSTICO TECNOLÓGICO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.

3.5.1 Sistema de producción de pasta arcillosa a nivel semi-industrial

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El diagnostico tecnológico es una herramienta de análisis que permite determinar las fortalezas y debilidades tecnológicas, de un sistema de producción así como la estrategia ante la innovación y proponer soluciones para su tratamiento, persigue entender mejor el posicionamiento competitivo actual de la empresa y sus expectativas de futuro. Realizando una evaluación de los distintos procesos que actualmente están implantados en las distintas áreas de un negocio o empresa (comercial, financiera, productiva, etc.) para auditar el grado de sofisticación con que se utiliza la tecnología en cada una de ellas y determinar las mejoras que podrían incrementar así su productividad.

Por otro lado la realización del diagnóstico permite detectar proyectos que respondan a las necesidades reales de la empresa y que estén alineados con su estrategia. Esto requiere reflexionar sobre el funcionamiento actual de la empresa a nivel de estrategia, procesos y aplicación de las tecnologías en éstos. Para conseguir este reto, es necesario que las empresas adopten herramientas que les permitan, de manera sistemática y guiada, sobre la manera de mejorar ciertos aspectos de su negocio con el objetivo de ser más competitivos.

En definitiva, el diagnóstico tecnológico ayuda, a nivel gerencial, a conocer la situación real de la tecnología en la empresa; y ayuda, a nivel informático, a transmitir las necesidades actuales y futuras a la dirección de la empresa, de forma independiente e imparcial.

3.5.2 Formulación de Balances de materia del proceso de elaboración de pasta arcillosa.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Para el proceso de elaboración de pasta arcillosa se requiere el uso de balances de materia, el cual se basa en la Ley de Conservación de la Masa, la cual indica que la masa que entra en un sistema cerrado, puede salir del sistema o acumularse dentro de él, es decir: Entradas = Salidas + Acumulación. Cuando se trata de balances de materia para compuestos específicos, como es el caso de la pasta arcillosa que es lo que se quiere producir, existe una fracción específica de arcilla de arena y de agua que se necesita para que se produzca dicha pasta, estas fracciones de material entran al sistema en el proceso de mezclado, aquí se introduce un término de producción: Entradas + Producción = Salidas + Acumulación.

3.5.3 Formato de tablas usadas para el balance de materia

La tabla 3.4 será ocupada para el cálculo de los balances de materia en cada etapa.

BALANCE DE MATERIA EN LA ENTRADA Y SALIDA

La tabla 3.4 será usada para representar los resultados obtenidos de los balances a la entrada y salida de las etapas del proceso

Tabla 3.4 Tabla usada en cada etapa para la entrada y salida de materiales

ITEM	ENTRADA DE MATERIALES	Kg/h	%	SALIDA DE MATERIALES	Kg/h	%
1	Arcilla Cruda			Arcilla		
2	Arena Cruda			Arena		
3	Agua			Agua		
4	TOTALES	100	100	TOTALES	100	100

CAPITULO IV

4. METODOLOGÍA

4.1 DIAGNOSTICO TECNOLÓGICO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA PASTA ARCILLOSA PARA LA PRODUCCIÓN DE CERAMICA ARTISTICA.

El proceso de diagnóstico se realizó en cuatro etapas fundamentales, siendo estas:

1. Entrevistas personales a artesanos y propietarios de talleres artesanales, semi-industriales e industriales de pasta arcillosa
2. Visita a los procesos de elaboración de pasta arcillosa “in situ” en los talleres de los artesanos de Cerámica Artística del Municipio de San Juan de Oriente y aplicación de la Guía Metodológica de Diagnostico Técnico descrita abajo.
3. Procesamiento de la información por medio del análisis y discusión de resultados para la elaboración del estado actual desde el punto de vista tecnológico de esta producción.
4. Una vez obtenida la información se procedió a sistematizarla, con el fin de describir el proceso semi-industrial empleado.

4.1.1 Guía Metodológica para realizar el Diagnóstico Técnico

Con el fin de evaluar la calidad que existe actualmente en el proceso de producción de cerámica artística a nivel industrial, así como la calidad de las materias primas, la tecnología con la que consta dicho sector en el municipio de San Juan de Oriente, y proporcionar mejoras en el proceso de fabricación de pasta arcillosa, se realizó un diagnóstico técnico. Para llevar a cabo este diagnóstico, se visitó previamente a los artesanos que elaboran pasta en sus talleres y fabrican piezas para comercializarlas, se escogió al artesano Felipe Gutiérrez que es el que mayor demanda de piezas tiene en su taller de cerámica las cuales exporta al extranjero; y es el artesano que fabrica mayor cantidad de pasta arcillosa, se le entrevistó de forma generalizada acerca de las etapas del proceso y el objetivo de las mismas, equipos que posee en su taller para garantizar una pasta de calidad y posteriormente piezas de calidad, tipos de materia prima que utiliza, su procedencia y la forma de manipularlas, proporciones de mezcla, periodo de fermentación de la pasta arcillosa y el precio de venta de la pasta por libra.

Se realizaron ensayos de laboratorio a los bancos de materiales arcillosos usados actualmente por los artesanos, para evaluar las propiedades físicas de los mismos, composición y la influencia que estas tienen al ser combinadas para elaborar la pasta. Entre las propiedades físicas, tecnológicas y mecánicas que se estudiaron tenemos: densidad, tamaño de partícula, plasticidad (límite líquido y límite plástico), humedad y resistencia a la presión.

Asimismo se elaboró una pasta con cada uno de los bancos de materiales arcillosos, con las proporciones de arcilla, agua y arena usadas por don Felipe, las cuales también fueron sometidas a pruebas de laboratorio para determinar las

propiedades tecnológicas que influyen para obtener una pasta de calidad y posteriormente piezas más resistentes. Entre las propiedades estudiadas tenemos: plasticidad, moldeabilidad, humedad de moldeo, contracción al secado.

DATOS TÉCNICOS:

El proceso productivo de la cerámica en el municipio de San Juan de Oriente, requiere tres materias primas, arcilla, arena y agua, al mezclarlas se obtiene como producto intermedio la pasta arcillosa (PA); por tanto se aplicaron entrevistas a los artesanos productores y encuestas a los consumidores de PA con el propósito de obtener la siguiente información:

- 1) Conocer y verificar los diferentes procesos de producción, cada uno de las etapas con sus operaciones en orden sucesivo, las condiciones de almacenamiento tanto de la materia prima, insumos y del producto elaborado, así como los equipos usados en las distintas etapas, sus capacidades y la cantidad de material usados en cada uno de ellos.
- 2) Determinar el volumen de producción y consumo de PA para la elaboración de sus piezas, así como la problemática por la falta de disponibilidad de PA, precio de compra de la materia prima y precio de venta de esta.

Cada uno de los procesos y/u operaciones se especificaron de la siguiente forma:

1. **Descripción del proceso**, se realiza por medio de un diagrama de bloques donde se identifican las entradas y salidas, así como las condiciones y características de las materias primas.
2. **Operaciones de control de calidad identificadas en el proceso:** en esta se encontraran si se tiene algún tipo de inventario donde se conozca la cantidad existente de materia prima, de producto almacenado y de producto almacenado ya terminado.
3. **Entrada de materiales**, esta describe la cantidad de todos los materiales que ingresan al proceso, tales como materia prima (arena, material arcilloso, agua) y otros insumos.
4. **Salida de materiales**, esta describe la cantidad de todos los materiales que salen del proceso; el producto principal como es la pasta arcillosa, así como los residuos y desechos generados, además se indica como los residuos son rehusados en el proceso.
5. **Descripción de maquinarias y equipos**, esta información se encuentra detallada de acuerdo a la información brindada por los entrevistados y lo obtenido mediante la observación a los equipos, durante las visitas a los talleres, siendo estas las dimensiones del equipo, su capacidad de producción, el consumo de energía eléctrica, consumo de agua, velocidades y potencia de los motores, principalmente.).
6. **Descripción de los servicios internos y externos que se usan en la planta**, se describe si el taller genera vapor; energía eléctrica, térmica u de otro tipo, agua, acopio de desechos y desperdicios, etc, cuantificada, en kg/h.

Se adjunta un diagrama de aguas, indicando su procedencia, tratamiento, y los distintos usos en la planta.

7. Planos de las instalaciones:

- Ubicación de los procesos y/u operaciones, así como de los equipos auxiliares y el taller en general.
- Diagrama unifilar
- Ubicación de los sistemas de drenaje de aguas de desecho (industriales y sanitarias).
- Ubicación de los sistemas de distribución de agua en la planta, especificando si se trata de agua de pozo, de la red municipal, lluvia, etc. Ubicación de tanques cisternas de almacenamiento.

8. Lista de compras de materia prima, indicando el costo y almacenamiento, así como cantidades para los últimos doce meses del consumo de materia prima en la producción.

9. Lista de compras de productos químicos y de otros insumos en general: se indican si fuese necesaria la compra de algún producto químico, u otro producto que interviniera en el proceso.

10. Detalle de los servicios públicos utilizados, durante los últimos doce meses, para electricidad, agua, servicios municipales de limpieza, según el siguiente formato de tablas del Anexo I

10.1 Consumo de agua: Se detalla de donde proviene el agua usada para la fabricación de la pasta arcillosa, volumen utilizado anualmente y su costo, lo que se consolida en la tabla I-1 anexo I.

10.2 Consumo de energía: Se detalla de donde proviene la energía usada para la fabricación de la pasta arcillosa,

10.2.1 Energía Eléctrica: En el anexo I tabla I-2 detalla tanto el consumo como el costo anual de la energía eléctrica usada desde la red de distribución nacional, así como de otras fuentes tales como plantas de emergencias, energía solar, etc. y potencia demandada anualmente y su costo

10.2.2 Consumo de combustible: Se detalla de donde proviene el combustible usado para la fabricación de la pasta arcillosa, volumen anual y costo, ver tabla I-3 anexo I.

10.3 Principales cargas (energía eléctrica): Se detallan los usos finales de la energía propios en el taller, mediante la siguiente tabla I-4 en el anexo I.

10.4 Descargas sólidas Especificación de las cantidades generadas y el costo asociado a los servicios de deposito de basura y/o el costo de deshacerse de los desechos sólidos y/u otros; incluyendo los posibles ingresos por venta de residuos u otros similares, si ocurriese, ver tabla I-5 en el anexo I..

11. Información referente al control de calidad en los materiales: se indica si se realiza el control de calidad y las pruebas a los materiales.

12. Descripción del calendario de la empresa, este incluye una estimación del total de días trabajados en los 12 meses pasados, cantidad de turnos por día, días por semana y horas por día. También se detalla el régimen de

vacaciones y se detalla cuanto tiempo no opera la planta a causa de mantenimiento, y poca demanda de pasta arcillosa de parte de los productores de piezas cerámicas.

13. **Información sobre los recursos humanos del taller**, en este se cuantifica el personal calificado con que se cuenta en los talleres para el proceso de producción, así como otros datos pertinentes, tales como políticas de contratación, trabajadores eventuales, capacitación, medidas de seguridad.
14. **Evaluación de los aspectos ambientales de la producción**, evaluación de la generación de contaminación y desperdicios del taller.

4.2 CARACTERIZACION TECNOLOGICA DE LOS BANCOS DE MATERIALES ARCILLOSOS (MATERIA PRIMA) USADOS PARA LA ELABORACION DE PASTA ARCILLOSA

4.2.1 Descripción general de los bancos de materiales arcillosos.

Con la información brindada por el Instituto para el Desarrollo y la Democracia (IPADE) en el documento topográfico realizado por Administración Nacional de Recursos Geológicos (ADGEO) en el año 2003 se identificaron los yacimientos para explotaciones actuales y futuras, así como la información geológica de los mismos.

Se realizaron visitas a San Juan de Oriente con el propósito de corroborar la información anterior, desarrollando entrevistas a los artesanos de la cerámica y propietarios de los yacimientos locales y especialmente se visitó a don Pedro Guerrero, quien es el contacto que presentaron los responsables del proyecto Conglomerado Cerámica de San Juan de Oriente, según información suministrada por el Programa de Atención Empresarial (PAE) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

4.2.2 Pruebas, ensayos y procedimientos de laboratorio para la determinación de las propiedades físicas, mecánicas y tecnológicas de los bancos de materiales arcillosos.

La determinación de las propiedades físicas: humedad, densidad, tamaño de partícula; propiedades mecánicas: resistencia a la presión y propiedades tecnológicas: limite liquido, limite plástico, índice de plasticidad, a los yacimientos actualmente utilizados Ver Anexo II.

Así mismo se realizaron análisis de tamaño de partículas a la: arcilla tamizada arcilla molida y arena tamizada, las cuales fue proporcionadas por los artesanos Felipe Gutiérrez y Francisco Calero. Los resultados de dicho análisis se detallan en el anexo III.

Todas estas determinaciones fueron realizadas en el Centro de Investigación Geotécnica de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua CIGEO-UNAN-MANAGUA.

A continuación se describe la metodología para determinar la humedad absoluta del aire y la humedad máxima retenida en el yacimiento después del secado y pulverizado.

CÁLCULO DE LA HUMEDAD ABSOLUTA DEL AIRE

Para determinar la humedad del aire, se usó la ecuación 4.1, la cual es aplicada para condiciones de presión diferentes a 1 atm:

$$H = \frac{M_w H_r P_v}{M_a (P - H_r P_v)} \quad (4.1)$$

Donde: H; es la humedad absoluta del aire en un intervalo de temperatura que va de 0 – 210 °C; M_w ; es la masa de agua; H_r ; es la humedad relativa a la cual se encontraba el Municipio de San Juan de Oriente en ese momento, según el boletín informativo del INETER de Mayo 2007; P_v ; es la presión de vapor calculada por la siguiente ecuación:

$$\ln P_v = a + \frac{b}{T} + \frac{c}{T^2} + \frac{d}{T^3} + \frac{e}{T^4} \quad (4.2)$$

Donde: a = 8.217140406; b = 2125.150015; c = 221358.7559; d = 211358.7559; e = 8181406899; T: Temperatura [K]; P_v : Presión [mmHg]

La temperatura utilizada, es la temperatura de bulbo seco a la cual estaba el Municipio en ese momento.

Siguiendo con la ecuación de la humedad,

P: es la presión atmosférica a la cual se encuentra el Municipio de San Juan de Oriente calculada de acuerdo a la altura que se encuentra el mismo. Esta presión se calculó de la siguiente forma:

$$P_o = P_1 - \rho gh \quad (4.3)$$

Donde: P_o ; es la presión que ejerce la atmosfera a una altura determinada en el Municipio y es la que se quiere conocer; P_1 ; es la presión atmosférica, a 0 msnm es decir 1 atm ò 760 mmHg; ρ : es la densidad del aire; g: es la gravedad de la tierra [9.8m/s^2]; h: es la altura a la cual se encuentra el Municipio de San Juan de Oriente sobre el nivel del mar.

M_a : corresponde a la sumatoria de los porcentajes de los gases que se encuentran en el aire (CO_2 , Ar, N_2 y O_2), por el peso atómico de cada uno [Kg], que se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

$$M_a = \sum_{i=1}^n X_i M_i \quad (4.4)$$

CÁLCULO DE HUMEDAD DEL YACIMIENTO DESPUES DE PULVERIZADO

Este cálculo, se hizo por el método de diferencia de pesos del yacimiento antes de secar al horno y después de sacar del mismo a una temperatura y tiempo determinado. El procedimiento es el siguiente:

- Se pesan 20 gramos de muestra, (arcilla secada al sol y posteriormente pulverizada), en la balanza analítica y se agregan a una cápsula de vidrio previamente tarada.
- Se introduce la cápsula de vidrio con la muestra previamente pesada, al horno a una temperatura de 105 °C durante 1 hora.
- Se saca la muestra del horno al cumplir el tiempo establecido y se coloca la capsula en el desecador hasta que se enfríe por un periodo de ½ hora.
- Se saca del desecador cuidadosamente la muestra y posteriormente se pesa nuevamente en la balanza analítica.

El porcentaje de humedad está dado por la siguiente ecuación:

$$\% H = \frac{(P_{H+T}) - (P_{S+T})}{(P_{S+T}) - (P_T)} * 100 \quad (4.5)$$

Donde: P_{H+T} ; corresponde al peso del yacimiento antes de introducirlo en el horno mas el peso de la tara [Kg]; P_{S+T} ; es el peso del yacimiento después de salir del horno a la temperatura y tiempo establecido mas el peso de la tara [Kg]; P_T ; es el peso del recipiente en el cual se pesó el material arcilloso [Kg].

4.3 CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LA PASTA ARCILLOSA.

4.3.1 *Formulación de las pasta arcillosa - Proporciones de arcilla, arena y agua*

La pasta arcillosa se preparó usando como referencia las proporciones que usa el artesano Felipe Gutiérrez, quien además de ser el proveedor de la mayoría de la pasta arcillosa a los artesanos de San Juan de Oriente, posee un taller con equipos industriales diseñados para cada parte del proceso y produce piezas de cerámica artística la cual es exportada en su mayoría a Estados Unidos y Europa, cumpliendo con estándares internacionales exigidos por sus clientes. Sin embargo la relación usada por el artesano Felipe Gutiérrez es de: 90 libras de arcilla, 26 libras de arena y 5 galones de agua. Dado que esta información no se encontraba en unidades de medida internacional, se procedió a convertir la masa de arcilla y de arena de libras a kilogramos, para el agua se convirtieron los galones a litros y posteriormente la masa de agua en kilogramos se determinó haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$M_a = \rho_a * V_a \quad (4.6)$$

Donde: M_a es la masa de agua en [Kg]; ρ_a es la densidad del agua [Kg/m^3]; y V_a es el volumen de agua [m^3].

Posteriormente, se determinó la masa de pasta elaborada aplicando la ecuación 4.7:

$$M_{pa} = M_{ma} + M_a + M_{ar} \quad (4.7)$$

Donde: M_{pa} es la masa de pasta arcillosa, [Kg]; M_{ma} , es la masa del material arcilloso, [Kg]; M_a es la masa de agua [Kg]; y M_{ar} es masa de arena, [Kg].

Para la determinación de todas las propiedades tecnológicas se prepararon 1.5 Kg de pasta arcillosa.

Una vez obtenida la masa de pasta arcillosa se procedió a determinar la relación porcentual del material arcilloso, arena, y agua, por medio de la ecuación 4.8:

$$\% ma = \frac{M_{ma}}{M_{pa}}; \% a = \frac{M_a}{M_{pa}}; \% ar = \frac{M_{ar}}{M_{pa}} \quad (4.8)$$

Donde; % ma: equivale al porcentaje de material arcilloso, [%-m]; % a: equivale al porcentaje de agua, [%-m]; y % ar: equivale al porcentaje de arena, [%-m];

4.3.2 Pruebas, ensayos y procedimientos de laboratorio para la Determinación de las propiedades físicas, mecánicas y tecnológicas de la Pasta Arcillosa.

A la pasta arcillosa obtenida del mezclado se sometió al proceso de fermentación o añejamiento durante un período de cuatro meses, en condiciones anaeróbicas (bolsas plásticas), para evitar su brusca pérdida de agua, y con el fin de mejorar sus propiedades tecnológicas. Al producto obtenido se le realizaron la determinación del índice de plasticidad y contracción al secado, ensayos que están descritos en el Anexo IV.

4.4 PROCESO PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LA OFERTA, DEMANDA Y DEMANDA POTENCIAL INSATISFECHA DE PASTA ARCILLOSA.

4.4.1 Diseño Estadístico y Aplicación de Instrumentos

La cuantificación de la oferta, demanda y precios actuales se realizó por medio de una encuesta, instrumento aplicado a una muestra representativa de los artesanos productores de cerámica artística en el Municipio de San Juan de Oriente.

EL UNIVERSO objeto de estudio lo conforman 345 talleres productores de cerámica artística y decorativa existentes en el Municipio de San Juan de Oriente.

EL TAMAÑO DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA a la cual se le aplicó la encuesta, se determinó por medio de un muestreo aleatorio simple y con el siguiente procedimiento de cálculo:

- 1.- Obtener el tamaño muestral asumiendo que $N \rightarrow \infty$:
- 2.- Calcular n

$$n_{\infty} = \frac{z_{\alpha/2}^2 \sigma^2}{e^2} \quad (4.9)$$

Donde: n_{∞} es el tamaño de muestra, $z_{\alpha/2}^2$: corresponde al nivel de confianza elegido del 95%; e : es el error máximo; σ^2 : es la varianza poblacional que esta dada por la siguiente ecuación: $P^*(1-P)$; P: ocurrencia.

Se considera que el evento objeto de estudio y sus resultados se ajustan a una **Distribución Normal** con un margen del 95 % de confiabilidad a dos colas, con un error muestral del 12.5 % y una ocurrencia $P = 50$ % de que el artesano productor de este municipio compra la pasta arcillosa ya elaborada para la producción de cerámica artística, da como resultado realizar la encuesta a 62 propietarios de talleres o planteles

La encuesta se aplicó a 62 propietarios de talleres que compran la pasta arcillosa en su mayoría y una minoría que la elabora.

Este instrumento se encuentra en el Anexo V. Consta de 13 preguntas relacionadas con las formas de obtención y abastecimiento de la pasta arcillosa y de las materias primas principales que intervienen en el proceso de producción de dicha pasta.

4.4.2 Cuantificación de la Demanda y Oferta Actual

Las instancias estatales encargadas del desarrollo industrial del país como INPYME, MIFIC y otros, no cuentan con información acerca de la situación del sector productor de cerámica en el país. Igual situación, ocurre en el Municipio de San Juan de Oriente. La demanda, oferta y precios de la pasta arcillosa no cuenta con registros históricos, por lo tanto la cuantificación de estos indicadores se basa fundamentalmente en los resultados obtenidos de la aplicación de la encuesta a los productores de cerámica de este municipio.

Con esta información se caracterizó la comercialización de la pasta arcillosa para la producción de cerámica artística en el Municipio de San Juan de Oriente Se obtuvo la demanda de pasta arcillosa, el porcentaje de consumidores de pasta, el porcentaje de artesanos que no compran ni venden la pasta, ya que poseen yacimientos de material arcilloso en los patios de sus casas y la pasta que producen la ocupan para producir sus utensilios de barro.

La demanda actual se basa en la información proporcionada por los artesanos que compran la pasta arcillosa, para la elaboración de sus piezas de cerámica con el propósito de comercializarlas.

La oferta actual esta basada en la información proporcionada por aquellos artesanos que elaboran y venden la pasta arcillosa y también elaboran piezas de cerámica y las comercializan.

4.4.3 Proyecciones de la Oferta y Demanda Futura de Pasta arcillosa

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA FUTURA

Para el cálculo de la demanda futura de pasta arcillosa, se empleó la siguiente ecuación:

$$D_F = D_A (1 + i)^n \quad (4.10)$$

Donde: D_F , es la demanda futura de pasta arcillosa en el municipio [Kg/año], D_A es la demanda actual de pasta arcillosa la cual fue obtenida por las encuestas, i tasa de crecimiento del sector de la cerámica decorativa en el municipio, estimado en un 5 % anual y n es el número de años a proyectar.

PROYECCIÓN DE LA OFERTA FUTURA

Para el análisis de la oferta se utilizó la siguiente ecuación:

$$O_F = O_A (1 + i)^n \quad (4.11)$$

Donde: O_F , es la oferta futura de pasta arcillosa en el municipio [Kg/año]; O_A es la oferta actual de pasta arcillosa la cual fue obtenida por las encuestas; i tasa de crecimiento del sector de la cerámica decorativa en el municipio, estimado en un 5 % anual y n es el número de años a proyectar.

4.4.4 Determinación de la Demanda Potencial Insatisfecha

CUANTIFICACIÓN DE LA DEMANDA POTENCIAL INSATISFECHA

Esta se obtuvo a partir del resultado de la diferencia entre la demanda y oferta, la cual constituye al grupo de artesanos que quedan desprovistos de pasta en sus talleres, y que por lo tanto demoran un mayor tiempo en distribuir su producto.

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA POTENCIAL INSATISFECHA FUTURA

La DPI se determinó con la ecuación 4.12:

$$DPI = D_F - O_F \quad (4.12)$$

Donde: DPI es la demanda potencial insatisfecha [Kg/año]

4.5 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPOS Y ACCESORIOS PARA LA PRODUCCION DE PASTA ARCILLOSA.

La selección de los equipos se basó en dos aspectos fundamentales:

a.- Las propiedades físicas, mecánicas y tecnológicas tanto de la materia prima como del producto obtenido en cada una de las etapas del proceso de elaboración de la pasta arcillosa.

b.- El volumen de pasta arcillosa a producir, determinado a partir de los balances de materia y los resultados de las encuestas. Se ha tomado el *50% de la demanda potencial insatisfecha*

Además especificaciones especiales para cada uno, brindadas a continuación:

1. MOLINO

La selección del molino se llevó a cabo considerando los siguientes pasos:

- 1) Se tomó como referencia los resultados obtenidos del análisis granulométrico a la arcilla molida preparada por los artesanos Felipe Gutiérrez y Francisco Calero que son los que proveen de pasta arcillosa a los demás artesanos, para determinar el tamaño promedio de partícula de la arcilla molida que es necesaria de 0.425 mm o menor
- 2) Se implementaron balances máxicos para determinar la cantidad de arcilla necesaria, tomando como base de cálculo el volumen de producción de pasta arcillosa a producir.

2. MEZCLADOR

Para la selección de este equipo fueron de vital importancia lo siguiente: el volumen de pasta a procesar para satisfacer las necesidades del artesano, el cual fue determinado por los balances máxicos de las tres materias primas principales, el orden de adición y las propiedades de la arcilla al ponerse en contacto con el agua.

3. PILAS DE FERMENTACIÓN

Para esto se tomó como base la forma de trabajo de don Francisco Calero, el tiempo de fermentación adecuado para mejorar las propiedades tecnológicas en especial la plasticidad, propiedades que adquiere frente a contacto con el agua y el cambio de estructura que ésta presenta durante el proceso de fermentación, así como información bibliográfica relacionada a la producción de cerámica.

4. EXTRUSOR

Este equipo debe reunir las características adecuadas para obtener un producto final compacto y homogéneo, con menos pérdidas y ausencias de burbujas de aire, por lo que se requiere un equipo de alta resistencia y suficiente potencia ya que la pasta arcillosa se torna pesada y húmeda, la construcción de este equipo es necesaria de acero inoxidable.

5. TAMICES

Se requieren dos tamices con diferentes tamaños de luz maya, ya que uno recibirá arcilla proveniente del pulverizado previamente molida y el otro tamiz recibirá la arena cruda proveniente de los arroyos y ríos en forma húmeda. Para ambos se prefiere que su construcción sea de acero inoxidable y mecánico.

CAPITULO V

5. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 CARACTERISTICAS DE LOS BANCOS DE MATERIALES PARA LA ELABORACION DE PASTA ARCILLOSA PARA LA PRODUCCIÓN DE CERAMICA ARTISTICA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE ORIENTE, DEPARTAMENTO DE MASAYA.

Los artesanos de San Juan de Oriente, usan arcilla como materia prima para producir sus piezas de cerámica, esta arcilla es obtenida del suelo de los bancos de materiales que tienen algunos artesanos en los patios de sus casas, así como también en áreas ubicadas en las laderas de la Laguna de Apoyo. En general el suelo de este municipio tiene una topografía completamente irregular, siguiendo las sinuosidades de una pequeña ladera que le sirve de asiento y con tierras muy fértiles donde se cultivan granos básicos y frutas de todo tipo. Los suelos son de origen volcánico de alta fertilidad de textura franca y franca arcillosa, no obstante en la zona de la Laguna de Apoyo predominan los suelos de textura franco arenosa.

En general los suelos son destinados por la población a los siguientes usos:

Huertos Mixtos: Parte del territorio municipal cultiva en sus patios, plantas perennes y semi-perennes, como árboles frutales y leñosos, cafetales y platanales, junto con pequeñas áreas para cultivos florales.

Banco de materiales para productos cerámicos y materiales de construcción: Las vetas de material arcilloso o barro se encuentran en todo el municipio sobre el subsuelo o a menos de dos metros de la corteza, usadas para la elaboración de piezas de cerámica artística. Existen también yacimientos de materiales de piedra pómez que se utilizan como materiales de construcción.

Debido a la extensa área que contiene vetas de material arcilloso en el municipio, fueron analizados los yacimientos en explotación por los artesanos. En total fueron analizados 4 yacimientos de distintas partes del municipio, ver Figura 5.1.

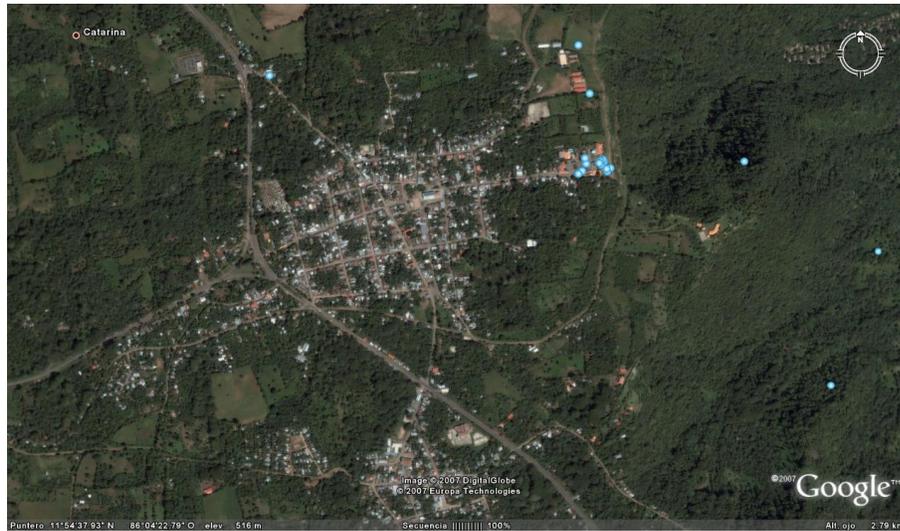


Figura 5.1 Mapa del Municipio de San Juan de Oriente

5.1.1 Descripción y ubicación geográfica de los Bancos de Materiales Arcillosos

Los Bancos de Materiales arcillosos empleados como materia prima para la elaboración de pasta arcillosa en la producción de cerámica artística y decorativa en el Municipio de San Juan de Oriente, están ubicados en terrenos cuyos propietarios son: Estela Potosme, Pedro Guerrero, Zacarías Espinoza y Julio Jiménez. En el presente estudio estos bancos de materiales arcillosos se codificaron como A, B, C, y D, tal y como se muestran en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Código de los bancos de materiales analizados

CÓDIGO	PROPIETARIO DEL BANCO DE MATERIALES
A	Estela Potosme
B	Pedro Guerrero
C	Zacarías Espinoza
D	Julio Jiménez



Figura 5.2 Banco de materiales arcillosos A

Durante el muestreo se observó que el Banco de Materiales A es una especie de despeñadero con una altura considerable, dificultando un poco más la toma de muestras (ver Figura 5.2), sin embargo este Banco de Materiales es rico en arcilla y es uno de los mayores proveedores de material para la producción de cerámica.



Figura 5.3 Banco de materiales arcillosos B

Mientras que el Banco de Materiales B mostrado en la figura 5.3 está ubicado en un terreno muy amplio extenso, con una altura considerable como una especie de sima, siendo sus alrededores algo similar a una hondonada o barranco muy profundo, este yacimiento contiene una buena cantidad de material arcilloso.



Figura 5.4 Banco de materiales arcillosos C

El Banco de Materiales C mostrado en la Figura 5.4, es un hueco hondo y cóncavo, este presentaba poca humedad con un espesor de material arcilloso aprovechable.



Figura 5.5 Banco de materiales arcillosos D

En la Figura 5.5 se muestra el Banco de Materiales D, el cual está ubicado en un terreno muy vasto, con una gran variedad de árboles frutales, la capa de material arcilloso apto para la producción de cerámica está a 1.5 metros de profundidad aproximadamente ya que las primeras capas corresponden a materia orgánica, piedras y raíces, este yacimiento se encontraba muy excavado.

5.1.2 Propiedades de los Bancos de Materiales Arcillosos

Las características generales, las propiedades físicas, tecnológicas y mecánicas de los bancos de materiales, de interés para este estudio se presentan en las tablas 5.2 hasta la tabla 5.5 inclusive.

Tabla 5.2 Características generales del banco de materiales – A.

1.- Banco de Materiales : Estela Potosme			
2.- Localización Geográfica: De la segunda entrada de San Juan de Oriente 1 cuadra arriba, 800 metros al sur			
3.- Propiedades Físicas			
3.1.- Densidad, ρ		1520 Kg/m ³	
3.2.- Composición Granulométrica			
Según Escala de Atterberg.			
Grupo	Partículas	Limites de las dimensiones	Contenido ,%
I	Arena Gruesa	2.0-0.2 mm	0
II	Arena Fina	0.2-0.02 mm	11
III	Limo	0.02-0.002 mm	36
IV	Arcillas	Menores de 0.002 mm	53
3.3.- Clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación – USCS			
Nombre del Grupo		Símbolo del Grupo	
Arcilloso		A	
3.4.- Humedad			
Contenido de Humedad, W %		12	
4.- Propiedades Tecnológicas			
Limite Liquido	Limite Plástico	Índice de Plasticidad	Tipo de arcilla
61	30	31	Altamente plástica
5.- Propiedades Mecánicas			
Resistencia a la Presión, Kg/cm²	Deformación Lineal, mm		Carga de Falla Kgf
2.43	5.74		393.61

Tabla 5.3 Características generales del Banco de Materiales – B.

1.- Banco de Materiales : Pedro Guerrero			
2.- Localización Geográfica: De la Iglesia San Juan Bautista ½ cuadra al oeste, 500 metros al sur			
3.- Propiedades Físicas			
3.1.- Densidad, ρ		1550 Kg/m ³	
3.2.- Composición Granulométrica			
Según Escala de Atterberg.			
Grupo	Partículas	Limites de las dimensiones	Contenido ,%
I	Arena Gruesa	2.0-0.2 mm	0
II	Arena Fina	0.2-0.02 mm	11
III	Limo	0.02-0.002 mm	44
IV	Arcillas	Menores de 0.002 mm	45
3.3.- Clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación – USCS			
Nombre del Grupo		Símbolo del Grupo	
Arcillosa-Limosa		AL	
3.4.- Humedad			
Contenido de Humedad, W %		7	
4.- Propiedades Tecnológicas			
Limite Liquido	Limite Plástico	Índice de Plasticidad	Tipo de arcilla
58	30	28	Altamente plástica
5.- Propiedades Mecánicas			
Resistencia a la Presión, Kgf/cm²	Deformación Lineal, mm	Carga de Falla, Kgf	
4.38	3.01	710.74	

Tabla 5.4 Características generales del Banco de Materiales – C.

1.- Banco de Materiales : Zacarías Espinosa			
2.- Localización Geográfica: De la Iglesia San Juan Bautista ½ cuadras al oeste, 400 metros al sur			
3.- Propiedades Físicas			
3.1.- Densidad, ρ		1430 Kg/m ³	
3.2.- Composición Granulométrica			
Según Escala de Atterberg.			
Grupo	Partículas	Limites de las dimensiones	Contenido ,%
I	Arena Gruesa	2.0-0.2 mm	0
II	Arena Fina	0.2-0.02 mm	6
III	Limo	0.02-0.002 mm	40
IV	Arcillas	Menores de 0.002 mm	54
3.3.- Clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación – USCS			
Nombre del Grupo		Símbolo del Grupo	
Arcillosa-Limosa		AL	
3.4.- Humedad			
Contenido de Humedad, W %		15	
4.- Propiedades Tecnológicas			
Limite Liquido	Limite Plástico	Índice de Plasticidad	Tipo de arcilla
65	32	33	Altamente plástica
5.- Propiedades Mecánicas			
Resistencia a la Presión, Kgf/cm²	Deformación Lineal, mm	Carga de Falla, Kgf	
1.99	6.77	323.25	

Tabla 5.5 Características generales del Banco de Materiales – D.

1.- Banco de Materiales: Julio Jiménez			
2.- Localización Geográfica: De la Casa Cural 800 metros al sur			
3. Propiedades Físicas			
3.1.- Densidad, ρ		1528 Kg/m ³	
3.2.- Composición Granulométrica			
Según Escala de Atterberg.			
Grupo	Partículas	Limites de las dimensiones	Contenido, %
I	Arena Gruesa	2.0-0.2 mm	0
II	Arena Fina	0.2-0.02 mm	6
III	Limo	0.02-0.002 mm	26
IV	Arcillas	Menores de 0.002 mm	68
3.3.- Clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación – USCS			
Nombre del Grupo		Símbolo del Grupo	
Arcilloso		A	
3.4.- Humedad			
Contenido de Humedad, W %		10	
4.- Propiedades Tecnológicas			
Limite Líquido	Limite Plástico	Índice de Plasticidad	Tipo de arcilla
69	33	36	Altamente plástica
5.- Propiedades Mecánicas			
Resistencia a la Presión, Kgf/cm²	Deformación Lineal, mm	Carga de Falla, Kgf	
1.89	5.66	305.91	

5.2 ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS PARA LOS BANCOS DE MATERIALES ANALIZADOS

5.2.1 *Propiedades Físicas*

HUMEDAD: Los valores de la humedad de los bancos de materiales se muestran en las tablas 5.2 a la 5.5, y varían entre el 7% y el 15% en peso, Estos valores de humedad, son bajos debido a que las muestras, se obtuvieron en la estación seca. El Banco de Materiales C, presenta la mayor humedad, y el B el menor contenido de humedad, la diferencia en la topografía de los bancos de materiales y la espesura de la flora que tiene el banco de material C podrían contribuir a acumular agua y que la velocidad de evaporación sea más baja en comparación a los otros, conservando así mayor humedad.

DENSIDAD: Los valores de la densidad determinadas para los bancos de materiales, se muestran en las tablas 5.2 a la 5.5, y oscilan en un rango de 1430 – 1550 kg/m³, presentando la mayor densidad, el banco de materiales B, seguido por el banco de materiales D y A cuyas densidades son casi iguales, mientras que el manco de materiales C es el de menor densidad. Estos valores son

característicos de suelos con gran porcentaje de finos encontrándose dentro del rango establecido para suelos arcillosos el cual es de 1,200 a 2,100 Kg/m³

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA: Este análisis brinda información sobre el tipo y la textura del suelo, por lo que a continuación se presenta una discusión para ambos:

Tipo de Suelos: En las tablas 5.2 a la 5.5, se presentan los resultados del análisis granulométrico de los bancos de materiales. De acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - USCS (Unified System of Classification of Soils), estos bancos de materiales pertenecen al tipo de suelos Arcillosos, cuya característica principal es el alto porcentaje de finos que presentan, y cuyas partículas pasaron el diámetro de malla de 0.005 mm, por lo que pertenecen al tipo de materia prima que se utiliza para elaborar cerámica artística.

Textura de suelo: En las tablas 5.2 a la 5.5 se muestran los resultados de los bancos de materiales analizados, los cuales tienen contenidos de arcilla que oscilan entre 45 y 68%, contenido de limo entre 26 y 44% y un contenido de arena entre 6 y 11%. También se puede apreciar que el contenido de arcilla supera el 40% y el tamaño de partículas preponderantes en ellos corresponde a valores menores a 2 micrómetros; Esta composición es característica para textura de suelos arcillosos, lo cual se representa en el diagrama de textura de suelo en la Figura 5.6. El material fino de mayor contenido en estos materiales es la arcilla, siendo el Banco de Materiales D el de mayor contenido de arcilla, mientras que el Banco B es el que tiene el menor porcentaje de arcilla, alto porcentaje de arena y una proporción de limo casi igual que la arcilla.

Según la distribución de los materiales encontrada, los Bancos de Materiales A y D son suelos de textura arcillosa y los bancos de materiales B y C se encuentra en el límite de textura arcillosa y textura arcillo limosa. El Banco B, debido a su contenido porcentual de limo y arcilla se clasifica en arcillo limoso que es una subdivisión de las texturas arcillosas, la cual debe tener un porcentaje de arcilla entre 25 a 45%, y más del 45% de limo, en este caso el contenido de limo se encuentra en el límite inferior de lo requerido, sin embargo cae dentro de la textura arcillo limoso. Por tanto, los bancos de materiales A y D son suelos arcillosos, y los bancos de materiales B y C son suelos arcilloso-limoso.

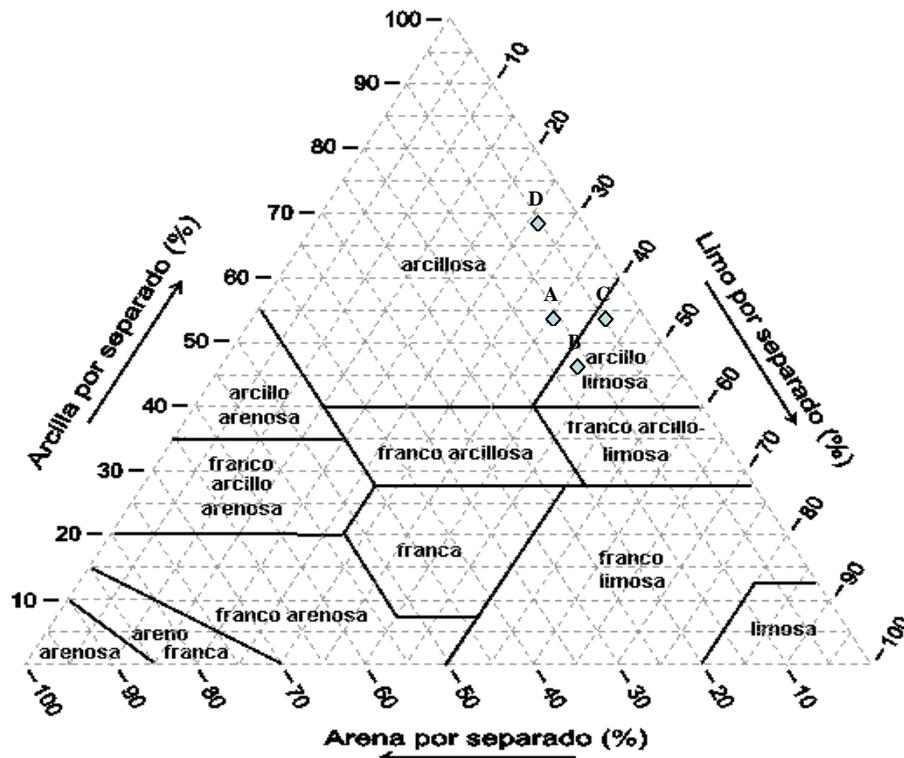


Figura 5.6 Ubicación de los Banco de Materiales analizados en el triangulo de texturas de suelos.

5.2.2 Propiedades Tecnológicas

1. PLASTICIDAD

- a) **Límite Líquido:** Los yacimientos estudiados presentaron un rango de límite líquido entre 58 y 69 (ver tablas 5.2 a la 5.5), el Banco de materiales que presenta el mayor valor del límite líquido es el D, y corresponde al suelo que contiene mayor porcentaje de arcilla, seguido de los bancos de materiales C y A, y por último B. Según lo mostrado en la carta de plasticidad de la figura 5.7, el límite líquido superior a 50 los clasifica como suelos altamente líquidos.
- b) **Límite Plástico:** Los valores de esta propiedad oscilan en un rango 30 a 33 (ver tablas 5.2 a la 5.5), según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS), los bancos de materiales son altamente plásticos. Al igual que el límite líquido, D presentó el mayor valor para esta propiedad, seguido por los bancos de materiales C, A y B respectivamente. Al igual que en límite líquido este comportamiento podría estar influenciado por el contenido de arcilla y limo de los yacimientos, ya que en los bancos de materiales C y A, la suma de limo y arcilla es cercana ellos poseen un límite plástico muy cercano entre si y B tiene un menor contenido de arcilla menor y menor es su límite plástico.
- c) **Índice de Plasticidad:** Los valores del índice de plasticidad se muestran en las tablas 5.2 a la 5.5, estos oscilaron en un rango entre 28 a 36. En la Figura 5.7

se observa que los valores de índice de plasticidad y límite líquido obtenidos para los bancos de materiales se colocan en la clasificación de Arcilla Inorgánicas de Alta Plasticidad, siendo esta una característica de mucha importancia para su uso como materia prima en la producción de cerámica artística.

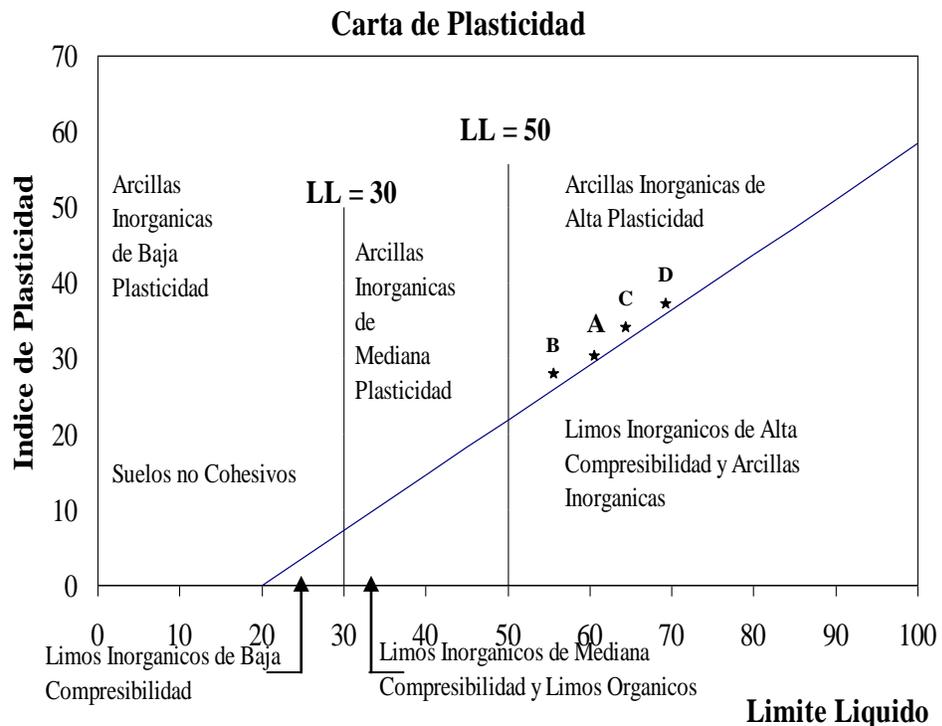
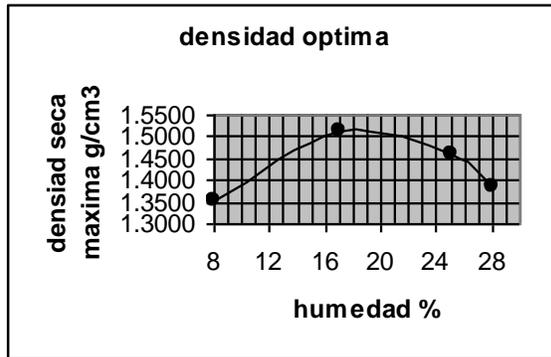


Figura 5.7 Cartas de Plasticidad de los Bancos de Materiales A, B, C, D.

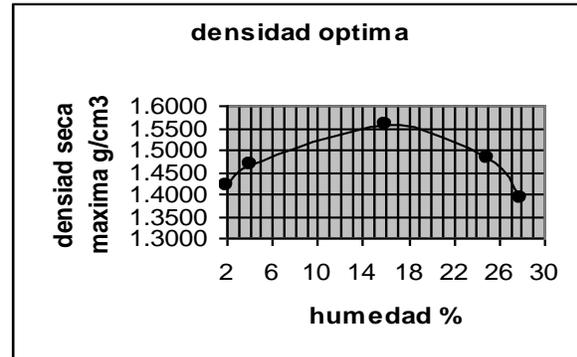
5.2.3 Propiedades Mecánicas

1. RESISTENCIA A LA PRESIÓN

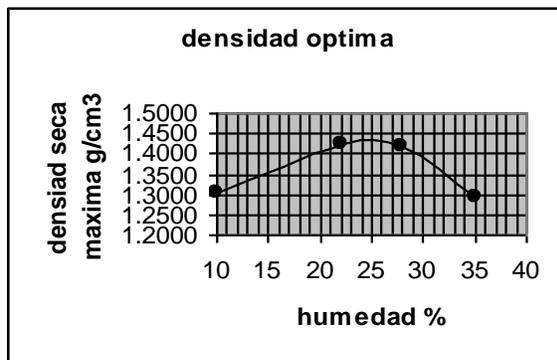
La Prueba Próctor realizada arrojó los resultados mostrados en la Figura 5.8. Los puntos más altos en la gráfica, representan los contenidos máximos de agua que debe absorber cada muestra para alcanzar su límite líquido.



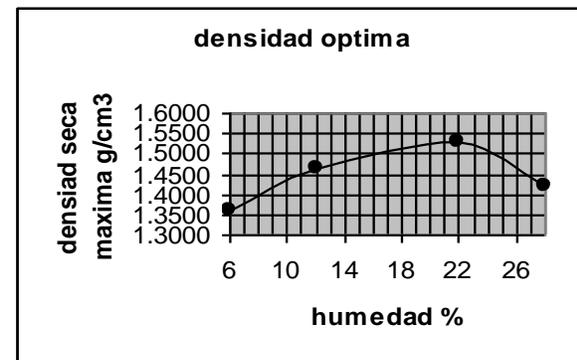
(a) Banco de Materiales A



(b) Banco de Materiales B



(c) Banco de Materiales C



(d) Banco de Materiales D

Figura 5.8 Prueba de humedad según el procedimiento del Próctor Estándar

Así la relación humedad-densidad de arcilla para los bancos de materiales analizados es descrita como sigue: B contiene un 16 % de humedad correspondiente a una densidad de arcilla seca de 1,550 Kg/m³; le sigue A con 18% de humedad y una densidad de arcilla 1520 Kg/m³, seguido se encuentra D con 22% de humedad y una densidad de arcilla seca 1528 Kg/m³, en cambio C contiene un 25 % de humedad correspondiente a una densidad de arcilla seca de 1,430 g/cm³; lo que indica que C soporta una mayor cantidad de agua al momento de mezclarse con el agua y arena.

Según los resultados B es el que soporta mayor fuerza 710.74 Kg y con una menor deformación 3.01 mm, resultando una mayor fuerza de cohesión de 4.38 Kg/cm² entre las partículas de este Banco de Materiales, en cambio D es el que soporta una menor carga de 305.91 Kg, con una deformación lineal de 5.66 mm y una fuerza de cohesión de 1.89 Kg/cm²

5.3 CARACTERIZACION DE LA PASTA ARCILLOSA ELABORADA PARA LA PRODUCCION DE CERAMICA ARTISTICA EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE ORIENTE.

5.3.1 Descripción de los procesos de elaboración de la pasta arcillosa para la producción de cerámica artística en el municipio de San Juan de Oriente.

A continuación se describen brevemente los diferentes procesos utilizados por los artesanos para la elaboración de la pasta arcillosa en el municipio de San Juan de Oriente.

1. PRODUCCIÓN ARTESANAL DE PASTA ARCILLOSA

El material arcilloso se obtiene tanto de los yacimientos ubicados en los patios de los artesanos como de los yacimientos aledaños. La extracción se realiza con ayuda de palas, agregando la arcilla en sacos y eliminando la mayor parte de material vegetal, como raíces, piedras, etc. El barro extraído del yacimiento no se almacena mucho tiempo, se deja aproximadamente por una semana en el patio de la casa para secar y eliminar el resto de materia orgánica, luego se le agrega un poco de agua, se le adiciona arena de arroyo y se tamiza con ayuda de un colador. Posteriormente se le añade agua gradualmente para que la pasta vaya adquiriendo la humedad deseada. El proceso de homogenización de la pasta arcillosa se realiza amasándola con los pies, durante una hora o hasta que el artesano decida según su experiencia, siendo esta, el momento en que la pasta ya no se adhiera a la palma de la mano. Luego a la pasta ya manipulada se le extraen manualmente pequeñas impurezas que quedan y se vuelve a amasar con los pies durante media hora. Cuando la pasta ya esta lista se procede con los procesos siguientes, hasta la realización de la pieza.

2. PRODUCCIÓN SEMI-ARTESANAL DE PASTA ARCILLOSA

El barro extraído de la mina es secado al sol, se martaja, se selecciona para luego ser pulverizado en una pulverizadora de martillos. La siguiente etapa consiste en dejar reposar por un periodo de ocho días en pilas de cemento, la arcilla libre de impurezas, con el agua, y luego se le agrega arena de lago o río ya tamizada con el fin de que la pasta quede más sólida y mejorar su textura. Luego de ese tiempo, parte del agua de la pila se evapora, se saca la pasta reposada de las pilas y se almacena en bolsas plásticas bien cerradas, para evitar la entrada de aire que provoca el endurecimiento de la pasta, y ahí permanece hasta el momento de elaborar la pieza.

3. PRODUCCIÓN SEMI-INDUSTRIAL DE PASTA ARCILLOSA

En este proceso se toma barro de diversos yacimientos, se combina y se pone a secar en un patio al aire libre, luego este es almacenado en sacos, el barro seco que no va a ser utilizado en este momento queda de reserva. Luego se tritura el barro seco en un molino de martillos, este equipo se aprovecha al máximo en verano, ya que en invierno no se usa por la dificultad de triturar la arcilla húmeda, por lo tanto al terminar el verano se tritura todo el barro que se extrae del

yacimiento y se almacena en sacos. Esta trituradora cuenta con un tamiz en la parte inferior donde cae la arcilla pulverizada para ser tamizada, las partículas que no pasan por la luz malla son recirculadas al triturador. De igual manera la arcilla tamizada, libre de impurezas es almacenada en sacos. Posteriormente la arena de playa y la arcilla tamizadas, junto con el agua se agregan poco a poco en la mezcladora, este proceso permite que el barro pase por pre-amasado, luego la pasta arcillosa es tapada con plástico por un periodo de 15 días o mas en cuarto para que no cambie sus propiedades. El siguiente paso consiste en pasar la pasta por la extrusora, equipo que sirve para compactar de manera eficaz la mezcla, lo cual produce menos perdidas por la ausencia de burbujas de aire. Cabe destacar que es en este equipo donde se encuentra el éxito en el empaque del producto (pasta arcillosa). La pasta arcillosa compactada se deja reposando de 15 días a 2 meses tapada en un cuarto hasta el momento de elaborar las piezas.

5.4 CARACTERÍSTICAS DE LA ARCILLA Y LA ARENA USADA POR LOS ARTESANOS PARA ELABORAR PASTA ARCILLOSA

Como se detalló en metodología, las características de arcilla y arena se basan en el análisis de los materiales empleados por los señores Francisco Calero y Felipe Gutiérrez, según la prueba de tamizado la arcilla tiene un tamaño de partícula de 0.425 mm y la arena tiene un tamaño de partícula de 0.1060 mm (ver anexo III).

5.4.1 Clasificación del tamaño de partícula de la Arena

Los resultados de la granulometría de la arena utilizada por los artesanos Francisco Calero y Felipe Gutiérrez se presentan en la Tabla III-1 y Figura III-1 a) y Tabla III-2 y Figura III-1 b) respectivamente. Para el caso del artesano Felipe Gutiérrez la mayor cantidad de masa retenida se encuentra en el tamiz numero 100, muestra que las partículas son menores a 0.15 mm y en el caso del artesano Francisco Calero la mayor acumulación de partículas se encuentra en el tamiz numero 140, con partículas menores a 0.1060 mm. Como la arena es un material no plástico (desengrasante), lo cual contribuye a obtener una pasta con una plasticidad que permita a las piezas elaboradas no quebrarse durante los procesos de secado y cocción. El tamaño de partículas utilizado serán menores o iguales a 0.15 mm.

5.4.2 Clasificación del tamaño de partícula de la Arcilla Pulverizada

Los resultados de la granulometría de la arcilla pulverizada utilizada por los artesanos Francisco Calero y Felipe Gutiérrez se presentan en la Tabla III-3 y Figura III-2 a) y Tabla III-4 y Figura III-2 b) respectivamente. Para el caso del artesano Francisco Calero la mayor cantidad de masa retenida se encuentra en el tamiz numero 20, muestra que las partículas son menores a 0.85 mm con y en el caso del artesano Felipe Gutiérrez la mayor acumulación de partículas se encuentra en el tamiz numero 40, con partículas menores a 0.425 mm...

5.4.3 Clasificación del tamaño de partícula de la Arcilla Tamizada

Los resultados de la granulometría de la arcilla tamizada utilizada por los artesanos Francisco Calero y Felipe Gutiérrez se presentan en la Tabla III-3 y Figura III-2 a) y Tabla III-4 y Figura III-2 b) respectivamente. El tamaño de partícula de la arcilla usada por Francisco Calero y Felipe Gutiérrez es menor a 0.85 mm, este dato refleja que ambos artesanos hacen uso de una arcilla con características en el tamaño de partículas similares. Sin embargo, el porcentaje acumulado de partículas menores a 0.425 mm es distinto en los dos artesanos, que corresponde al 24.24% del total de la muestra usada por Francisco Calero y Felipe Gutiérrez el de mayor retención de volumen es en el tamiz 40 con tamaño de partícula de 0.425 que corresponde al 20.61% del total de la muestra. Debido a que la arcilla no se tiene debidamente almacenada, ya que se encuentra expuesta al aire y la humedad se obtuvieron tamaños de partículas mayores a los encontrados en la bibliografía.

5.5 CARACTERÍSTICAS DE LA PASTA ARCILLOSA PARA LA PRODUCCIÓN DE CERÁMICA ARTÍSTICA EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE ORIENTE

Para determinar las propiedades de la pasta arcillosa se usó como referencia las cantidades utilizadas de arena agua y arcilla utilizadas por los artesanos que la elaboran semi-industrialmente, obtenidas de las entrevistas realizadas.

5.5.1 Pasta Arcillosa

Según los datos obtenidos en las entrevistas los productores de arcilla usan la siguiente relación para preparar un lote de la pasta arcillosa: 41 Kg de arcilla, 12 Kg de arena y 19 L de agua. En la figura 5.9 se presenta la composición de la pasta elaborada para analizar sus respectivas propiedades tecnológicas. Esto corresponde a que la pasta arcillosa contiene aproximadamente los porcentajes en peso siguientes: 16.5 % de arena tamizada con diámetro de partícula menores o iguales a 0.15 mm, 26.5 % de agua y 57 % del material arcilloso con diámetro menor o iguala 0.42 mm.



Figura 5.9 Composición de la pasta arcillosa como base de mezcla

5.5.2 Porcentaje de componentes de la Arcilla utilizada para elaborar la Pasta Arcillosa

En la tabla 5.6 se muestra la composición de cada banco de materiales determinada a partir de los datos de granulometría, estos se comportaran de forma particular al momento de la mezcla dependiendo de la composición inicial del banco de materiales.

Tabla 5.6 Porcentaje de componentes en la Arcilla de la Pasta Arcillosa.

CÓDIGO	ARENA FINA	LIMO	ARCILLA	AGUA	CONTENIDO
A	5,6	18,05	26.58	6,1	57
B	5,9	22.07	22.57	3,7	57
C	3,0	20.06	27.08	7,4	57
D	3,1	13,04	34.10	5,2	57

5.5.3 Características Finales de la Pasta Arcillosa.

Para la determinación de los porcentajes finales de arena y agua según se muestran en la tabla 5.7 y en la figura 5.10, al contenido inicial de arena del yacimiento se le suma el 16.5% que se le adiciona para la mezcla, así mismo para el agua se le suma el 26.5% que se le adiciona para formar la mezcla de la pasta arcillosa.

De las cuatro pastas elaboradas, la pasta D1 es la que contiene mayor porcentaje de arcilla, en comparación con su porcentaje de arena y limo, en cambio la pasta B1 es la que contiene menor porcentaje de arcilla, y la arena y limo en cantidades muy cercanas entre sí. Por otro lado las pastas A1 y C1 tienen composiciones parecidas de arcilla en mayor porcentaje, seguido por el agua, la pasta A1 con mayor cantidad de arena que la pasta C1, y la pasta C1 con mayor cantidad de limo que la pasta A1.

5.5.4 Propiedades Tecnológicas de las Pastas Elaboradas

Las pastas elaboradas contienen materiales no plásticos, plásticos y agua, así como las propiedades tecnológicas determinadas de las pastas arcillosas elaboradas. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 5.7 y en la figura 5.10.

Tabla 5.7 Propiedades Tecnológicas de la Pasta Arcillosa.

CÓDIGO	MATERIALES, %			AGUA, %	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	HUMEDAD DE MOLDEO, %	SENSIBILIDAD AL SECADO, %
	NO-PLÁSTICOS		PLÁSTICOS				
	ARENA	LIMO	ARCILLA				
A1	22.01	18.05	26.58	33.34	20	26.2	10.5
B1	22.01	22.07	22.57	30.49	16	25.9	9.5
C1	19.50	20.06	27.08	35.05	21	26.3	10.5
D1	19.50	13.04	34.10	32.20	27	26.5	12.5

En la tabla 5.7 y en la figura 5.10 se presentan las composiciones finales de las pastas arcillosas elaboradas, encontrándose que el contenido de arcilla para cada una de las pastas oscila entre 24 a 35.2 %, mientras que estas contienen arena entre 19.5 a 22.4 %, por otro lado el contenido de limo oscila entre 13.5 a 23.4% y finalmente al contenido de agua varia entre 30.2 a 33.9%

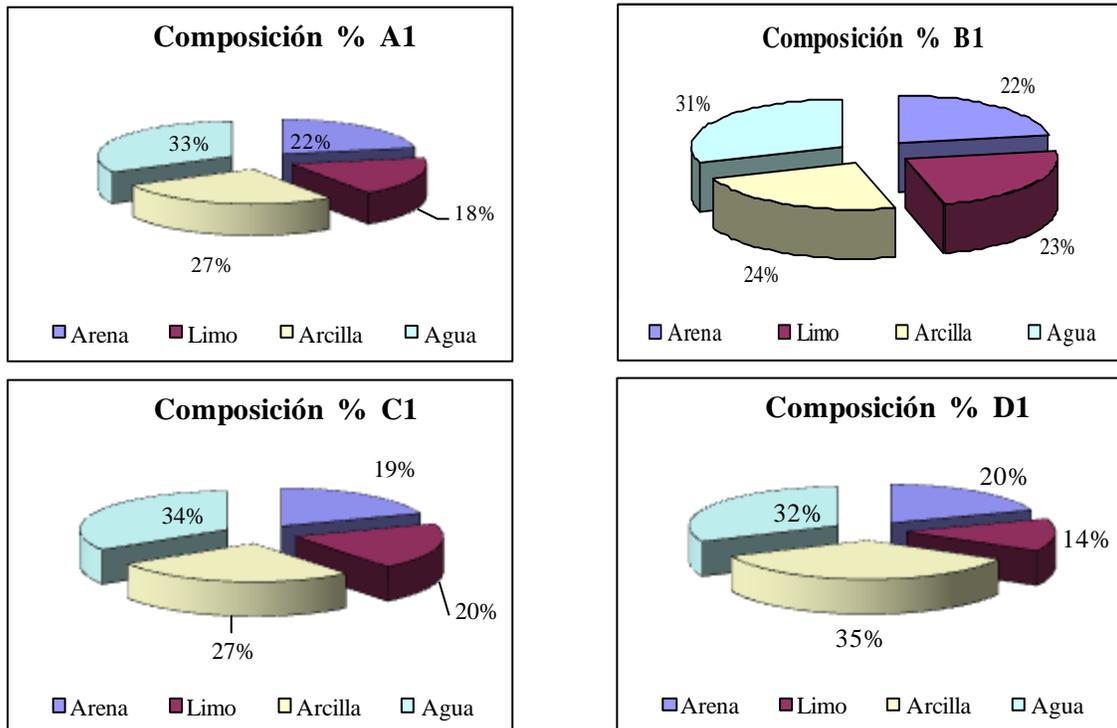


Figura 5.10 Composición final de las pasta arcillosas A1, B1, C1 y D1

Fuente: Elaborada a partir de la tabla anterior

Las pruebas aplicadas a la pasta de arcillosa después de cuatro meses de fermentación fueron: índice de plasticidad y contracción al secado.

1. PLASTICIDAD

- a) **Limite Líquido:** Las pastas elaboradas presentan un rango para el limite liquido entre 33 y 49 (ver Tabla 5.8), lo que indica que al mezclarse el material arcilloso con la arena y el agua este disminuyó en comparación con el de la arcilla. La pasta D1 es la que presenta mayor límite líquido (49), lo cual tiene correspondencia con el mayor contenido de arcilla del material original, seguido de A1, C1 y B1 respectivamente.

Tabla 5.8 Limite líquido, plástico e índice de plasticidad para la pasta elaborada

CÓDIGO	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	TIPO DE PASTA ARCILLOSA
A1	34	14	20	Medianamente plástica
B1	33	17	16	Medianamente plástica
C1	36	15	21	Medianamente plástica
D1	49	22	27	Medianamente plástica

- b) Limite Plástico:** Los valores obtenidos de esta propiedad se muestran en la tabla 5.8 que oscilaron en un rango 14 a 22. lo que las clasifica en mezclas medianamente plásticas. Las pasta D1 es la que presenta el mayor valor del límite plástico al igual que para el limite liquido sin embargo el comportamiento para las otras pastas difiere en esta propiedad con respecto al limite liquido, presentándose una disminución en las pastas en el siguiente orden B1>C1>A1, pero C1 y A1 presentaron un valor muy similar.
- c) Índice de Plasticidad:** Los valores del índice de plasticidad de cada pasta se muestra en la Figura 5.11 y en la Tabla 5.8, estos oscilaron en un rango entre 16 a 27, clasificándose en pastas con características de mediana plasticidad, lo cual implica que el material posee un buen grado de plasticidad, siendo esta una característica de mucha importancia para su uso como producto intermedio en la producción de cerámica. El índice de plasticidad determinado a las pastas arcillosas preparadas bajo las condiciones que trabajan los artesanos de San Juan de Oriente tuvo una disminución entre 9 y 13 con respecto a la plasticidad de la arcilla usada para su preparación.

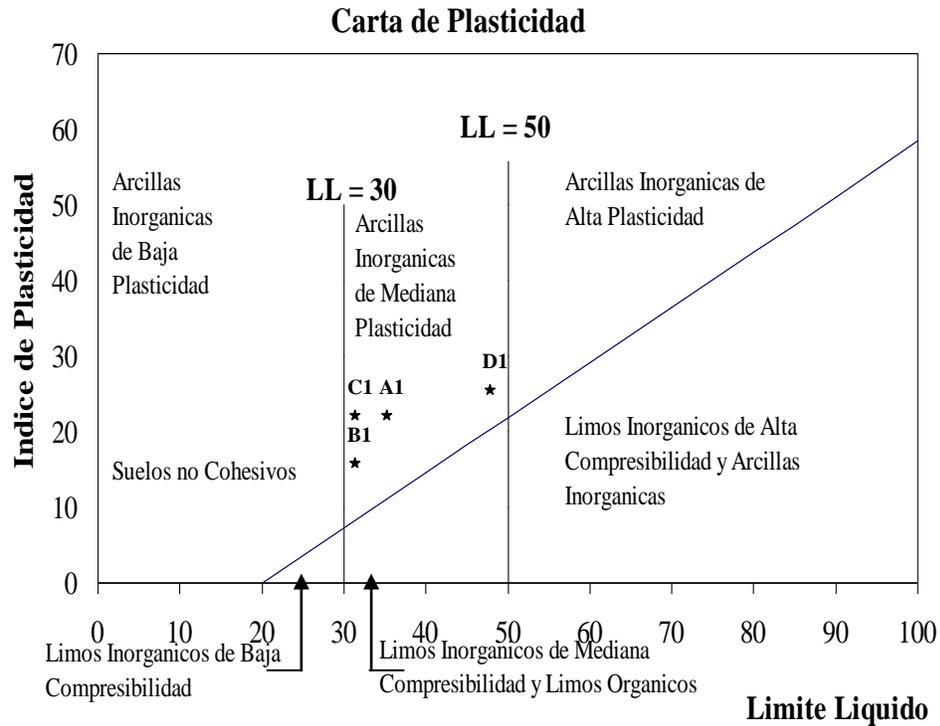


Figura 5.11 Cartas de Plasticidad para las pastas arcillosas A1, B1, C1 y D1

2. CONTRACCIÓN AL SECADO

Como resultado de esta prueba se obtuvieron los datos presentados en las tablas 5.9 y 5.10, representados en la Figura 5.12.y 5.13, antes y después del secado respectivamente.

Tabla 5.9 Contracción al Secado de las pasta a utilizar

CÓDIGO	CONTRACCIÓN DIAGONAL (10 cm)	CONTRACCIÓN VERTICAL (14 cm)	CONTRACCIÓN HORIZONTAL (14 cm)
A1	9.0	9.1	9.2
B1	9.05	9.2	9.2
C1	8.75	9.2	9.1
D1	8.95	9.2	9.2



(a) Pasta Arcillosa A1



(b) Pasta Arcillosa B1



(c) Pasta Arcillosa C1



(d) Pasta Arcillosa D1

Figura 5.12 Fotografías de Contracción al secado para los pastas A1, B1, C1 y D1

Es evidente que todas las pastas se contrajeron tanto verticales como horizontales, en 9.2 cm como promedio (ver tabla 5.9 y figura 5.12). Después de 24 horas de secado y su completo enfriamiento (ver tabla 5.10 y figura 5.13), las muestras de pasta arcillosa se agrietaron, mostrando la pasta arcillosa D1 mayor cantidad de grietas en la mitad horizontal esto puede ser influenciado por su alto contenido de arcilla y una baja cantidad de arena que no rellena los poros internos de la arcilla haciendo que la pasta se agriete y se encoja; en cambio la pasta B1 obtuvo grietas menores en la mitad horizontal esto puede ser debido a que el contenido de arcilla es menor que el contenido de arena, en el anexo VI se encuentra la tabla total de los datos recopilados.

Tabla 5.10 Porcentaje de Contracción al Secado de las pastas a utilizar

CÓDIGO	L_I	L_{FS}	C_S
A1	10	9	10,5
B1	10	9,05	9,5
C1	10	8,95	10,5
D1	10	8,75	12,5



(a) Pasta Arcillosa A1



(b) Pasta Arcillosa B1



c) Pasta Arcillosa C1



(d) Pasta Arcillosa D1

Figura 5.13 Contracción final al secado para los pastas A1, B1, C1 y D1.

En la Tabla 5.10 se evidencia que la pasta D1 es que tiene mayor tendencia a agrietarse y contraerse después del secado y la pasta B1 es la que posee menor tendencia a contraerse y menos grietas.

5.6 INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE ARCILLA EN LAS PROPIEDADES DE LOS BANCOS DE MATERIALES Y EN LAS CARACTERISTICAS FINALES DE LA PASTA ARCILLOSA.

El contenido de arcilla en la mayoría de los Bancos de Materiales es alto dando lugar a que los suelos se clasifiquen en Arcillosos, los bancos de materiales A y D son suelos arcillosos, y los bancos de materiales B y C son suelos arcilloso-limoso.

El índice de plasticidad determinado, refleja que la arcilla usada por los artesanos es altamente plástica

La Humedad contenida en los bancos es baja debido a que se tomaron las muestras en época de verano, se espera que sea mayor en época de invierno.

En la Resistencia a la Presión se observa que las cargas soportadas son bajas en comparación con el Banco de Materiales B, ya que por su contenido de limo aporta dureza y resistencia a la mezcla.

Para el secado de la pasta arcillosa, la cantidad de arcilla es determinante, ya que un mayor contenido de arcilla contribuye a que el material se agriete y se reduzca; esto es debido a que la arcilla presente en la mezcla arcillosa absorbe el agua del interior y lo circula hacia la superficie en donde se forma una capa que entra en contacto con la corriente de aire y al someterse al calor durante el secado, esta se contrae y al evaporarse el agua se producen las grietas.

Comparando el índice de plasticidad de los bancos de materiales con los de la pasta arcillosa, se encontró que en el caso de C-C1 sufrió una disminución de 13 en este parámetro tecnológico, esto pudo ser provocado por la poca presencia de arcilla en comparación con su cantidad de arena y limo, los cuales sumados dan un 12.5% mayor que la cantidad de arcilla existente en la pasta. El índice de plasticidad disminuyó al agregar la arena de la mezcla, mas la arena y limo presentes en el yacimiento, ambos son no plásticos y modifican significativamente

el índice de plasticidad en esta pasta. En el caso de D-D1, que tuvo la menor variación de este parámetro tecnológico el cual fue de 9, esto pudo ser provocado por que la suma de arena y limo del yacimiento mas la arena de mezcla para formar la pasta arcillosa, fue menor en comparación a la cantidad de arcilla que contiene esta pasta; por lo tanto su índice de plasticidad se vio menos afectado que el resto de las pastas ya que B-B1, A-A1 y C-C1 la cantidad de arcillas es menor que la suma de no plásticos (arena y limo).

5.7 DIAGNÓSTICO TÉCNICO DE PRODUCCIÓN PARA EL SECTOR SEMI-INDUSTRIAL DE LA CERÁMICA ARTÍSTICA EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE ORIENTE DEPARTAMENTO DE MASAYA

Como resultado del diagnóstico al sector productivo de cerámica artística de San Juan de Oriente, realizado en el año 2007, utilizando la guía metodología (acápito número 4.1.1), se presentan a continuación:

5.7.1 Descripción del proceso

- 1) Extracción del banco de materiales:** La materia prima principal que se utiliza es arcilla, que se extrae de los bancos de materiales que se encuentran en la zona, ubicado en los patios de las casas del municipio de San Juan de Oriente como se detalló anteriormente. Los dueños de las propiedades donde se encuentran ubicados los bancos de materiales, procuran extraer únicamente la materia prima del lugar ya sea cavando con pico y palas unos pocos metros o fuera de la corteza.
- 2) Secado Solar y Limpieza:** La arcilla extraída del banco de materiales se deja al aire libre por un periodo promedio de una semana, de acuerdo a la experiencia del artesano y a la humedad a la cual se encuentra el yacimiento al ser extraída, se deja expuesto a la luz solar en el patio embaldosado del taller durante el día para eliminar la humedad que tiene al ser extraída y tapada con plástico por las noches para protegerla de cualquier ocurrencia. Al mismo tiempo del secado se realiza la limpieza, por medio de golpes con un mazo o martillo para fragmentar los terrones, y eliminar los agregados e impurezas como piedras y raíces, para esto se considera una pérdida de 10% de impurezas y un promedio de 6% de humedad.
- 3) Almacenamiento de materia prima seca:** La arcilla procedente de la etapa anterior que no será ocupada en la etapa siguiente se almacena en sacos para ser ocupada en invierno, ya que la humedad del ambiente en esta época no permite el secado obtenido en verano.
- 4) Pulverización Mecánica de la arcilla seca:** En esta etapa se lleva a cabo la pulverización de la arcilla seca con la ayuda de un molino de martillos con tamiz integrado, considerándose un 5% en pérdidas por polvos. La arcilla molida tendrá un tamaño de partícula adecuado definido por la experiencia de

los artesanos como se describe en 5.4.2 y 5.4.3. Parte del material es usado inmediatamente en la etapa 9 y otro es almacenado según la etapa siguiente.

- 5) Almacenamiento de arcilla pulverizada o de reserva:** En esta etapa se almacena la arcilla en un cuarto lista a utilizarse en cualquier momento, dependiendo de la demanda de pasta así es la cantidad de arcilla que se almacena.
- 6) Extracción y almacenamiento de arena:** La arena es extraída de los ríos o lagunas cercanas, o es vendida por terceros y almacenada en sacos.
- 7) Tamizado de arena:** La arena se tamiza en una zaranda con un tamaño de partícula definido por la experiencia de los artesanos como se describe en 5.4.1, este proceso depende de la demanda de pasta.
- 8) Almacenamiento de arena tamizada:** Parte de la arena es utilizada en la etapa 9 dependiendo de la demanda de pasta, el resto se almacena en un cuarto lista a utilizarse en cualquier momento. Se considera que la arena tiene un 5% de humedad.
- 9) Mezclado:** La arcilla proveniente de la etapa 4 se mezcla previamente en seco con arena proveniente de la etapa 7 y luego se le agrega agua en las proporciones ya definidas para cada materia prima, con la ayuda de un tanque mezclado horizontal que facilita obtener una mezcla homogénea; el mezclado es detenido hasta que la pasta realice un sonido hueco definido por la experiencia de los artesanos en aproximadamente 1 hora.
- 10) Extrusión:** La pasta es pasada a la extrusora o amasadora, este proceso tiene como fin eliminar las burbujas de aire internas, homogenizar mucho mas la pasta y darle la consistencia deseada, determinada por la experiencia del artesano tocando la mezcla hasta que la textura se sienta lisa en la palma de la mano.
- 11) Fermentación o Almacenamiento Anaeróbico:** La pasta arcillosa se deja reposar entre dos y cuatro semanas depositándose en gruesas bolsas de plástico dobles en un cuarto oscuro sin corrientes de aire para que conserve el punto exacto de humedad que se requiere al momento de moldearla. En los casos que la pasta es demandada no se realiza esta etapa. En esta etapa se considera una perdida del 10% de humedad.
- 12) Distribución:** La pasta arcillosa es vendida a los artesanos a un precio de 10 córdobas aproximadamente por libra, en la casa del artesano.

Es importante destacar que el total del proceso anteriormente descrito es realizado semi-industrialmente en el taller del señor Felipe Gutiérrez, para la elaboración de

pasta en el proceso artesanal y semi-artesanal se ejecuta en distintos lugares, con variación de orden en los procesos.

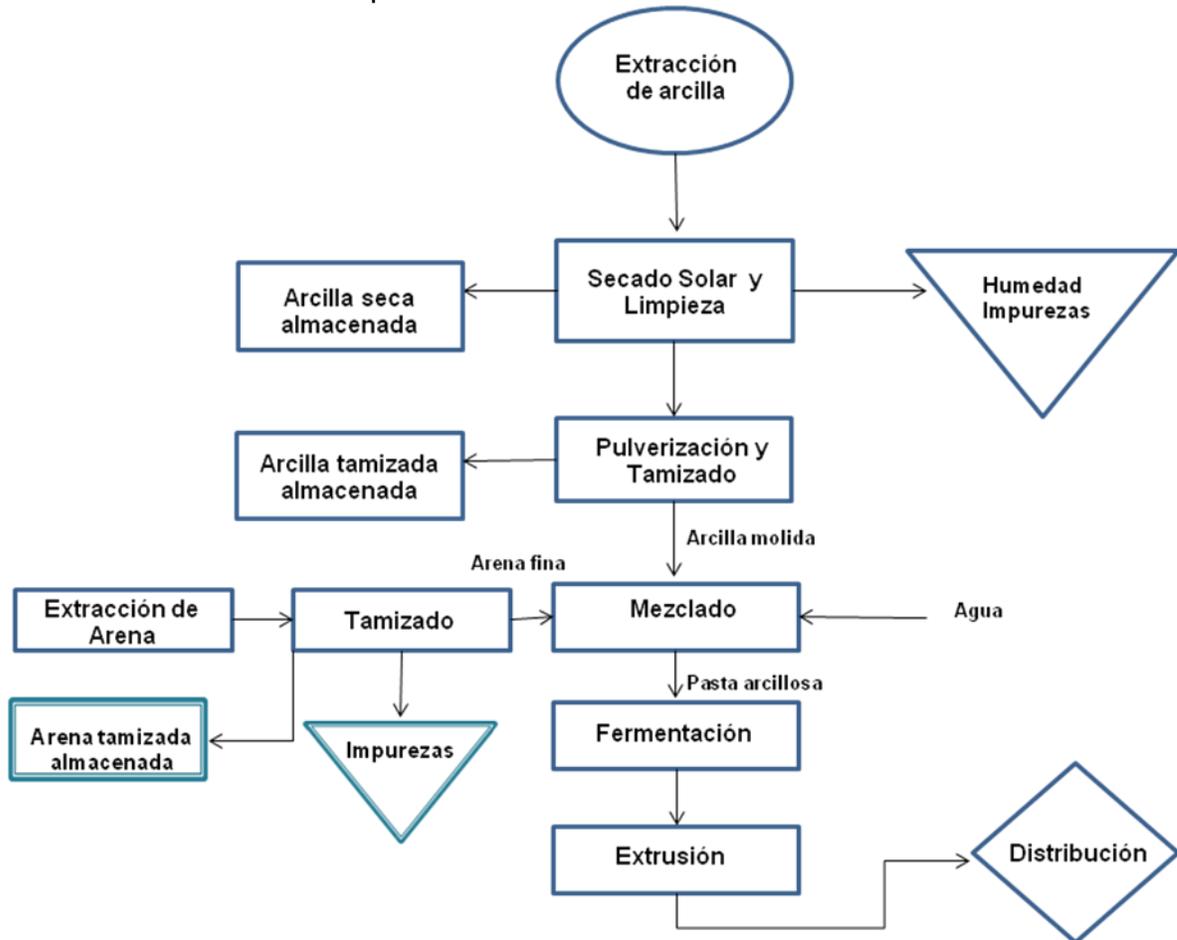


Figura 5.14 Diagrama de bloques para la producción semi-industrial de pasta arcillosa

5.7.2 Operaciones de control de calidad identificadas en el proceso

Las operaciones de control de calidad son basadas en las experiencias del artesano dependiendo de la pieza a realizar. Se pone especial cuidado en el mezclado del material ya que se espera un sonido especial, hueco, para detener el mezclado y una consistencia lisa al tacto, de forma que no se adhiera a la palma de la mano.

En el secado se espera el tiempo definido de una semana al aire libre para lograr la textura deseada.

El tiempo de la molienda está definido en aproximadamente una hora, lo que no está definido es el periodo de fermentación de la pasta, unas veces es usada de inmediato a su elaboración y otras hasta un período de tres meses en dependencia de la demanda.

El almacenamiento del banco de material molido y tamizado no cumple con las condiciones básicas, ya que se almacena en un cuarto destapado que en algunas ocasiones la arcilla por ser hidrocópica forma grumos por la alta humedad del ambiente y en otros casos se filtra el agua de lluvia en los techos aunque estén protegidos.

5.7.3 Entrada de materiales

Para la entrada de material no se lleva ningún tipo de control documentado, los pobladores que se dedican a vender la arcilla que está en sus terrenos ya tienen un precio establecido de C\$ 40 / saco de arcilla seca y C\$ 25 / saco de arcilla húmeda; el artesano estima la cantidad de materia prima existente por medio de sacos comprados.

La arena es extraída de arroyos o ríos y depositada en saco por los que elaboran la pasta de los o es vendida por terceros en cantidades de camiones.

Al momento de la visita se tenía aproximadamente almacenada 300 sacos de arcilla ya tamizada y molida y 1 camionada de aproximadamente 4 metros cúbicos de arena proveniente de El Menco, Rivas, que es adquirida a C\$ 1,000 / m³, el artesano estima el agotamiento de la arena en dos años.

5.7.4 Salida de materiales

La salida de materiales se realiza por medio de la venta de la pasta, que se comercializa en cualquier momento que es necesitada por los artesanos a un precio promedio de C\$ 10 / libra de pasta.

El material de desecho de tamizado tanto del banco de materiales se deposita en el patio del taller por ser cantidades pequeñas y los desechos de arena se venden a otras personas con diferentes fines.

5.7.5 Descripción de maquinarias y equipos

Los equipos que tienen en el taller son tres únicamente (un molino, un tanque de mezclado horizontal y una extrusora); todos usan corriente eléctrica para generar actividad con tomas de corriente individuales.

El molino de martillos utilizado, es diseño del artesano basado en diferentes equipos vistos durante sus visitas a otros países por ejemplo Honduras y el Salvador, consiste de un alimentador de arcilla el cual está construido de hierro y zinc, el cuerpo del molino está construido de hierro (no se obtuvo la información del calibre), y tiene acoplado un motor bifásico de 220 V y trabaja a 3,000 RPM, ver figura 5.15 a

Al igual que el molino, el mezclador, es diseño del artesano basado en diferentes equipos vistos en otros países; consiste en un motor que trabaja a 1,800

revoluciones por minuto, construido de hierro y zinc en ancho calibre de formas redondas, ver figura 5.15.



(a)



(b)

Figura 5.15 Equipos usados en el proceso semi-artesanal, (a) Molino de Martillos, (b) Tanque de Mezclado

La amasadora o también llamada extrusora, es diseño español, importada directamente, de la cual se desconoce el rango de trabajo y las condiciones de operación, construida de aleaciones de hierro y acero. Esta no se usa debido al incremento en la energía, trabajo que es sustituido con la amasada de la pasta por medio de los pies.



(a)



(b)

Figura 5.16 Equipos usados en el proceso semi-artesanal, (a) y (b) Amasadora

5.7.6 Descripción de los servicios internos y externos que se usan en la planta

Durante la visita no se percibió emanación de vapores. El molino esta dentro de un cuarto semitapado, abierto solo en la parte de la entrada, y cerrado en sus otras partes, lo que retiene el polvo que se genera durante la molienda y evita la contaminación del ambiente.

La eliminación de impurezas en la arcilla durante el secado, se deposita en el patio del taller; y la eliminación de las partículas mayores de arena que no son usadas

son cedidas a otros artesanos para su uso en construcción o en la elaboración de otras piezas de cerámica.

El agua se almacena en un tanque proveniente de la red de agua potable de ENACAL, y para el mezclado se transporta por medio de baldes, esta agua es utilizada en la casa del artesano durante su vida diaria.

5.7.7 Planos de las instalaciones

UBICACIÓN DE LOS PROCESOS Y/U OPERACIONES, ASÍ COMO DE LOS EQUIPOS AUXILIARES Y EL TALLER EN GENERAL

Los talleres visitados no presentan planos de instalación del proceso, sin embargo en la figura 5.17 se presenta el plano elaborado donde se muestra la distribución de los equipos utilizados, para el proceso realizado por el artesano Felipe Gutiérrez. En este se observa que el taller cuenta con tres áreas para elaborar la pasta, siendo estas: preparación de materias primas, elaboración del producto y almacenamiento del producto terminado.

El área de preparación de materias primas consiste en un área de Secado Solar la cual se encuentra embaldosada y al aire libre, otro cuarto techado con una de sus paredes abierta a la mitad destinado al almacenamiento de materia prima donde se almacena tanto arcilla como la arena, y el área del molino con una de las cuatro paredes abierta y techado.

En el área de elaboración del producto se encuentran dos cuartos techados, con una de sus paredes abierta a la mitad, que son destinados al almacenamiento independiente de arcilla pulverizada y arena tamizada, y un área techada y embaldosada donde se encuentran los equipos, llamado sala de máquinas, donde se encuentran el tanque de mezclado y la extrusora.

La tercer área es el almacenamiento de producto terminado, donde se encuentra un cuarto de almacenamiento de pasta que está en proceso de fermentación y otro cuarto de producto terminado, ambos techados y con una abertura en forma de puerta en una de sus paredes.

El tanque de almacenamiento de agua está fuera de la estructura de la planta, ubicado en el patio ya que de este mismo tanque se abastecen las necesidades de la casa del artesano. La planta no cuenta con puertas, solo con aberturas, es por eso que en el cuarto de almacenamiento de arcilla pulverizada la arcilla puede absorber la humedad del ambiente y modificar su estado.

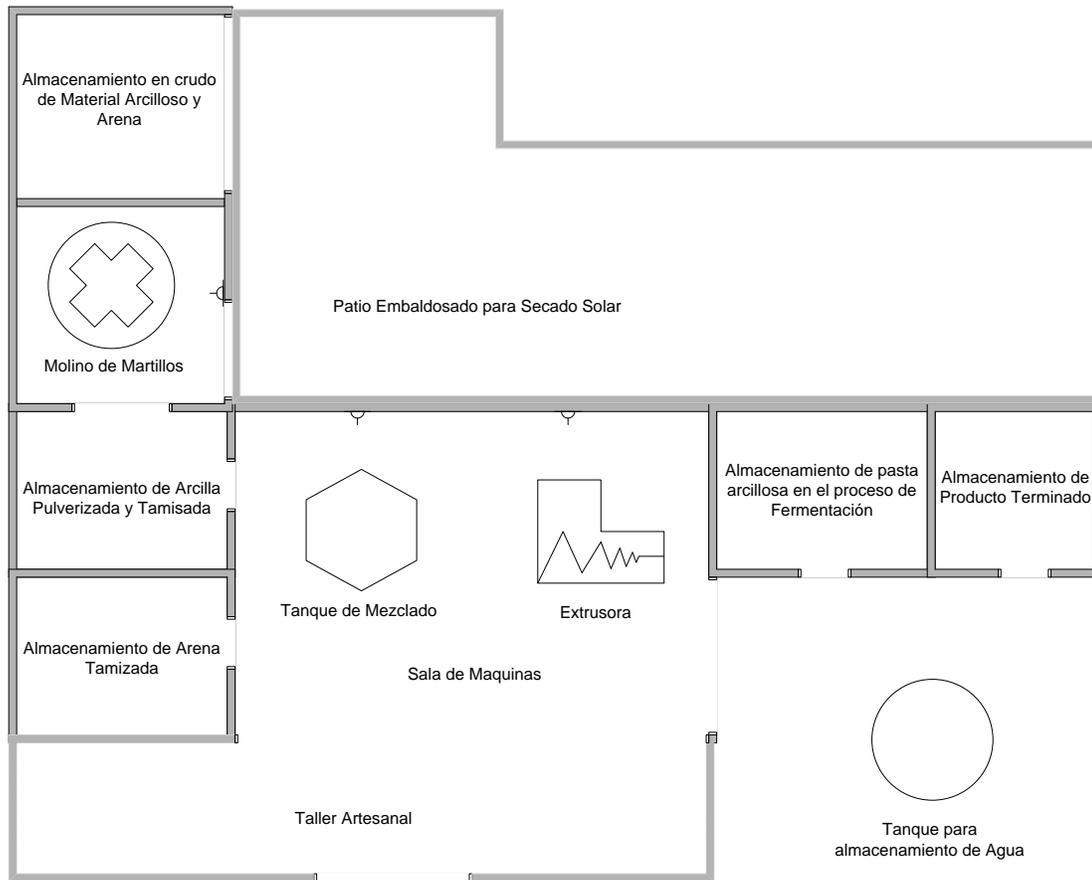


Figura 5.17: Ubicación de los procesos y/u operaciones, así como de los equipos auxiliares

DIAGRAMA UNIFICAR.

Aquí se muestra la disposición de los equipos y materias primas en el proceso completo con sus respectivas entradas y salidas.

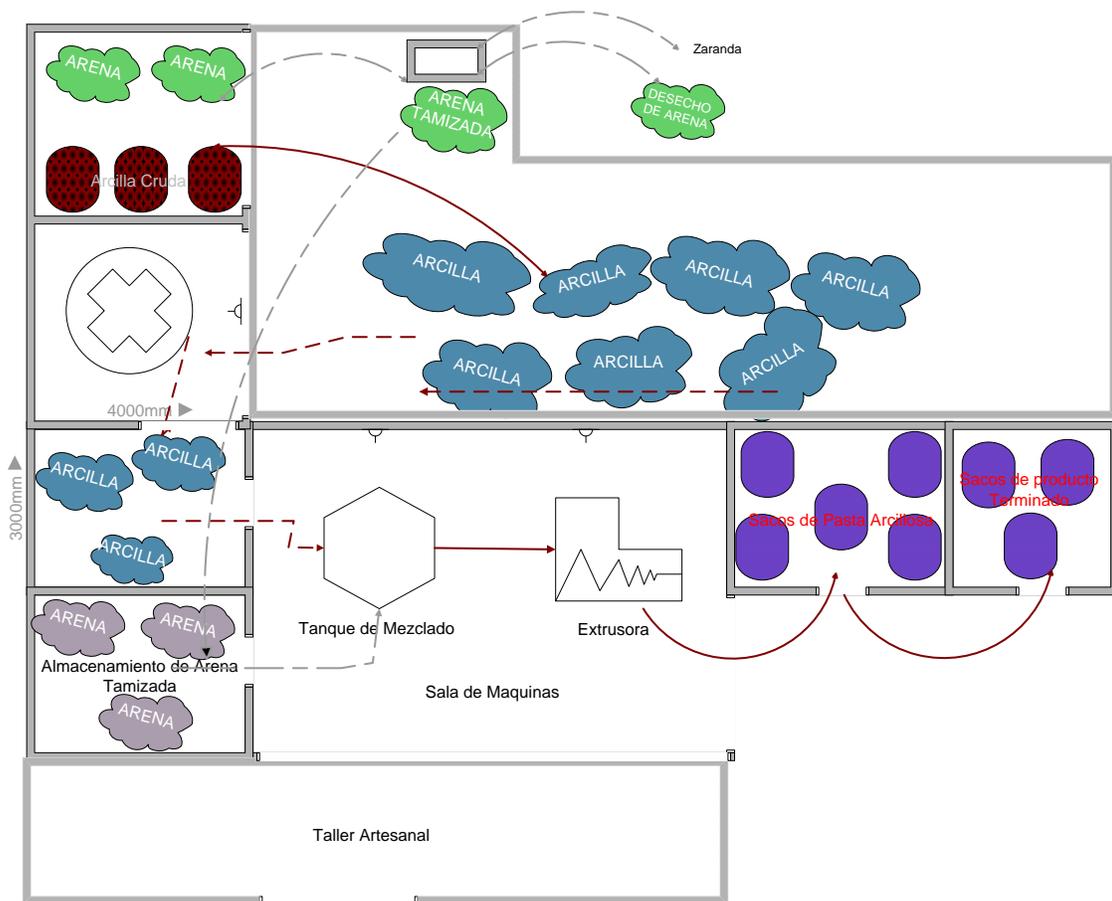


Figura 5.18: Diagrama Unificar

UBICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE DE AGUAS DE DESECHO (INDUSTRIALES Y SANITARIAS).

La planta no cuenta con sistema de aguas de desecho ya que el proceso como tal no genera agua residuales, toda el agua que se usa en el proceso de mezclado se usa durante la elaboración de la pasta, ya se le agrega la cantidad de agua justa, y esta agua no representa peligro al medio ambiente, únicamente los servicios sanitarios que se encuentran en la casa del artesano, que cuenta con el sistema de aguas negras.

UBICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN LA PLANTA

La planta cuenta solamente con un tanque de almacenamiento, que es agua proveniente de la red de ENACAL y que se alimenta al tanque de mezclado con ayuda de baldes.

5.7.8 Lista de compras de materia prima

No se cuenta con ningún tipo de control en las cantidades almacenadas de materia prima, se compra cuando el artesano estima conveniente debido a la

demanda de piezas cerámicas o de pasta arcillosa, al momento de la visita se tenían aproximadamente 300 sacos de arcilla cruda y 4 metros cúbicos de arena; y en las cantidades consumidas solamente se manejan datos que no están unificados al sistema internacional de medidas, éstas son almacenadas en sacos de aproximadamente 180 libras que equivale a 1 amasada, término usado en el vivir diario del artesano.

5.7.9 Lista de compras de productos químicos y de otros insumos en general

Para la elaboración de la pasta no es necesario ningún producto químico, ni otro insumo que no se haya descrito anteriormente.

5.7.10 Detalle de los servicios públicos

CONSUMO DE AGUA

En la mezcla se utilizan 5 galones de agua equivalente a 0.019 m^3 , esta cantidad se utiliza en 1 amasada (180 libras de pasta elaborada), al mes se elaboran un promedio de 23 amasadas equivalentes a 0.437 m^3 , tomando como base esta cantidad, ya que la periodicidad de la elaboración de la pasta tampoco esta definida. Así mismo se estiman otros 5 galones diarios para la limpieza de los operarios, limpieza de algunas superficies donde descansan las piezas y otras necesidades

El costo de agua para el municipio de San Juan de Oriente³⁰ es de C\$3.167 / m^3 , suponiendo que 1U\$ es equivalente a 20 C\$, entonces son $0.158 \text{ U\$} / \text{m}^3$.

Tabla 5.11 Consumo de Agua

ITEM	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN ANUAL, $\text{m}^3 / \text{año}$	COSTO ANUAL, $\text{US \\$} / \text{año}$
1	Consumo en el mezclado	5.244	0.829
2	Consumo en otras necesidades	5.244	0.829
3	Totales	10.488	1.657

CONSUMO DE ENERGÍA

Energía Eléctrica

En la tabla 5.12 se muestra la demanda de energía eléctrica de los equipos y medios auxiliares, usados durante este estudio. Los equipos usados para procesar la pasta arcillosa requieren de energía eléctrica son de 220 voltios. El molino consume 4.4742 kWh ya que usa un motor de 6 HP y la mezcladora consume 2.2371 kWh dado que tiene un motor cuya potencia es 3 HP El promedio de producción de 23 amasadas al mes genera un consumo aproximado de 1,825.32 kWh / año.

³⁰ <http://www.inaa.gob.ni/>, Acuerdo Tarifario No.9 - Tarifas ENACAL

Durante la visita en todo el taller se observaron 8 lámparas de 40 watts que son encendidas si se requieren en horarios de 4:00 pm a 6:00 pm, 2 horas diarias los 5 días de la semana, al mes son 40 h / mes, 480 h / año.

El costo total concerniente al consumo de energía es 409 US\$/año, considerando que se tiene una tarifa para industria menor en el cual el costo del kWh es de 0.204 dólares, según el pliego tarifario publicado por el ente regulador INE.

Tabla 5.12 Consumo de Energía Eléctrica

ITEM	DESCRIPCIÓN	AREA DE CONSUMO	ENERGIA ELECTRICA CONSUMIDA, kWh/año	COSTO ANUAL, US \$ / año
1	Consumo de energía de la red.	Molino	1,235	252
		Mezcladora	617	126
		Iluminación	154	31
Totales			2,006	409

Consumo de combustible

El proceso de elaboración de la pasta no hace uso de combustible.

PRINCIPALES CARGAS (ENERGÍA ELÉCTRICA)

El siguiente listado enumera los principales usos finales de la energía de la planta.

Tabla 5.13 Principales cargas

ITEM	USO	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD
1	Secado	Se realiza a patio abierto con la energía calorífica proveniente del sol, sin uso de energía eléctrica.	
2	Molino	3,000 rev / min	2,000 lb
3	Tamizado	El tamizado del banco de materiales se realiza en el mismo equipo de molienda; el tamizado de la arena se realiza de forma manual por medio de una tamiz manual o zaranda.	
4	Mezclado	1,800 rev / min	100 lb
5	Fermentación	No se utiliza directamente energía eléctrica solamente para el alumbrado del área de fermentación, cuando es necesario.	

DESCARGAS SÓLIDAS

La disposición final de los desechos de material vegetal y otros durante el secado, se realiza depositando estos en el patio y como es materia orgánica se desintegra y sirve de abono a las plantas; y lo eliminado de la arena es depositado en el patio

o en otras ocasiones es cedido a otros artesanos para cualquier fin, por lo que la recolección de los desechos no genera ningún costo.

5.7.11 Información referente al control de calidad en los materiales

En la planta no se realiza control de calidad en ninguna parte del proceso, ni a ninguno de los materiales, por lo que la realización de pruebas de laboratorio es nula.

5.7.12 Calendario de la empresa

En este calendario de trabajo solamente se incluyeron los días que son feriados nacionales como: 2 días en Semana Santa, 1 de Mayo, 19 de Julio, 2 días de Fiestas Patrias y 2 días en Diciembre, al igual se tomo en cuenta 6 días por mes que son de fines de semana, ya que trabajan sábado hasta medio día.

Tabla 5.14 Calendario de trabajo de la planta

MESES	NUMERO DE DÍAS	DÍAS FERIADOS NACIONALES	FINES DE SEMANA	TOTAL A TRABAJAR
Enero	31	1	6	25
Febrero	28	0	6	22
Marzo	31	2	6	23
Abril	30	0	6	24
Mayo	31	1	6	24
Junio	30	0	6	24
Julio	31	1	6	24
Agosto	31	0	6	25
Septiembre	30	2	6	22
Octubre	31	0	6	25
Noviembre	30	1	6	23
Diciembre	31	2	6	23

284

5.7.13 Recurso humano de la empresa/taller/planta

En la planta solamente trabajaba la familia compuesta de 5 personas, y otras 5 que son vecinos, estas 10 personas forman el personal permanente de la planta, que trabajan tanto en la elaboración de la pasta como en los demás procesos. Todas estas personas cuentan con conocimientos básicos de lectura y escritura, pero con mucha y amplia experiencia en el trabajo de la arcilla.

5.7.14 Evaluación de los aspectos ambientales de la producción

La contaminación que podría ocasionar la planta es la liberación de polvos en el secado cuando sople el viento que podrá afectar a las casas vecinas, y también la liberación de polvos dentro de la planta en el área de molienda.

En el tamizado y en secado se generan desperdicios de la arena y arcilla respectivamente, estos son depositados en el patio devolviéndose al suelo en forma de abono cubierto por tierra, y el desperdicio de arena es cedido a otros artesanos o almacenado.

Como es un taller de uso municipal, la alcaldía y el Ministerio de Salud realizarán inspecciones a la planta por lo menos una vez al año para verificar las condiciones ambientales y evitar el perjuicio a los vecinos y condiciones de los empleados.

Durante la visita se conoció, que el taller es considerado como negocio, por lo cual paga una matricula anual de C\$ 400 que se hace efectivo con la entrega de un certificado, y se cancelan C\$ 200 por mes.

5.8 BALANCES DE MATERIALES DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PASTA ARCILLOSA PARA LA PRODUCCIÓN DE CERÁMICA ARTÍSTICA EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE ORIENTE

5.8.1 Balance de Materia del Proceso de Secado Solar y limpieza del material arcilloso

Las condiciones climáticas para la época en que se realizó el estudio se muestran en la tabla 5.15, en esta se observa que la humedad absoluta del aire es $2.8286 \cdot 10^{-3}$ kg de agua/kg de aire seco. Estas condiciones son adecuadas para que el material proveniente del banco de material sea secado, ya que el aire tiene la capacidad de transportar el agua evaporada proveniente del secado solar.

Tabla 5.15 condiciones climáticas y contenido de agua en el aire

M_w(Kg/m³)	P(mmHg)	H_r	T (°C)	P_v(mmHg)	H (Kg vapor de agua/kg de aire seco)
1	712.4783	0.7	27.9	4.190702828	$2.8286 \cdot 10^{-3}$

El balance de masa se realizó usando como base de cálculo la producción de 100 Kg/h de pasta arcillosa, en la tabla 5.16 se presentan los resultados de entrada y salida de materiales para esta etapa. El material procedente de los bancos de materiales contiene en promedio; un 78 % en masa de material arcilloso (arcilla, limo y arena fina), un contenido de humedad de 12 %, y un 10 % de impurezas (raíces, piedras pequeñas y materia orgánica). Una vez ejecutada esta etapa se obtiene arcilla seca y limpia quedando esta con aproximadamente un 6% de humedad y 0% de impurezas (ver tabla 5.16), este contenido de humedad se considera apropiado para evitar que durante la molienda no se produzcan aglomerados de arcilla.

Tabla 5.16 Entrada y Salida de Materiales del proceso de Secado y Limpieza

ITEM	ENTRADA DE MATERIALES: ARCILLA HÚMEDA CON IMPUREZAS			SALIDA DE MATERIALES: ARCILLA SECA Y LIMPIA		
	Concepto	Kg/h	%	Concepto	Kg/h	%
1	Material Arcilloso procedente del Banco de Materiales.	78.0	78.0	Arcilla	78.0	78.0
2	Agua contenida en promedio en el material arcilloso.	12.0	12.0	Agua contenida en el material arcilloso.	6.3	6.3
3	Impurezas contenidas en el material arcilloso	10.0	10.0	Agua evaporada durante el secado	5.7	5.7
4				Impurezas eliminadas	10.0	10.0
5				Impurezas menores contenidas	0.0	0.0
6	Totales	100.0	100.0	Totales	100.0	100.0

5.8.2 Balance de materia del proceso de Pulverización del material arcilloso

A partir del rendimiento de la etapa anterior se obtiene que la arcilla seca y limpia llega al molino con las características mostradas en la tabla 5.17, en esta se considera que no se tienen pérdidas de agua entonces la arcilla pulverizada tendrá la misma humedad de entrada, sin embargo se tienen un 5% de pérdidas de material arcilloso en forma de polvos generados durante la actividad de la molienda, los cuales se depositan alrededor del equipo. La arcilla limpia pulverizada obtenida en esta etapa es aproximadamente el 88 % de la que entra a la molienda.

Tabla 5.17 Entrada y Salida de Materiales del proceso de Pulverización

ITEM	ENTRADA DE MATERIALES: ARCILLA SECA Y LIMPIA			SALIDA DE MATERIALES: ARCILLA LIMPIA PULVERIZADO		
	Concepto	Kg/h	%	Concepto	Kg/h	%
1	Arcilla	92.5	92.5	Arcilla	87.9	87.9
2	Agua contenida en el material arcilloso.	7.5	7.5	Agua contenida en promedio en el material arcilloso.	7.5	7.5
3				Polvos perdidos en este proceso	4.6	5.0
4	Totales	100.0	100.0	Totales	100.0	100.4

5.8.3 Balance de materia del proceso de Tamizado de la Arena

La arena usada proveniente de los ríos, contiene material vegetal y partículas mayores a 0.15 mm, las cuales no son adecuadas para la elaboración de la pasta arcillosa. Por lo que durante el tamizado se tiene una pérdida del 31.79% aproximadamente, consideradas como impurezas. El rendimiento del proceso corresponde a un 68.2% (ver tabla 5.18). En esta etapa se considera que la arena no pierde humedad.

Tabla 5.18 Entrada y Salida de Materiales del proceso de Tamizado de Arena

ITEM	ENTRADA DE MATERIALES: ARENA BRUTA			SALIDA DE MATERIALES: ARENA TAMIZADA		
	Concepto	Kg/h	%	Concepto	Kg/h	%
1	Arena	63.2	63.2	Arena	63.2	63.2
2	Agua contenida	5.0	5.0	Agua contenida	5.0	5.0
3	Impurezas	31.8	31.8	Impurezas perdidas en este proceso	31.8	31.8
4	Totales	100.0	100.0	Totales	100.0	100.0

5.8.4 Balance de materia del proceso de Mezclado arcilla, arena y agua

Para esta etapa se toma arcilla pulverizada, agua y la arena tamizada, la composición de la mezcla de pasta arcillosa es 52.5 % de arcilla, 15.3% de arena y 32.2% de agua, ver la tabla 5.19.

Tabla 5.19 Entrada y Salida de Materiales del proceso de Mezclado

ITEM	ENTRADA DE MATERIALES: ARCILLA PULVERIZADA Y LIMPIA CON ARENA TAMIZADA			SALIDA DE MATERIALES: PASTA ARCILLOSA		
	Concepto	Kg/h	%	Concepto	Kg/h	%
1	Arcilla procedente del pulverizado	52.5	52.5	Material arcilloso	52.5	52.5
2	Agua contenida en arcilla	4.5	4			
3	Arena procedente del tamizado	15.3	15	Arena	15.3	15.3
4	Agua contenida en arena	1.2	1			
5	Agua adicionada	26.5	26.5	Agua	32.2	32.2
6	Totales	100	100	Totales	100	100,0

5.8.5 Balance de materia del proceso de fermentación

Una vez dejado en reposo la pasta arcillosa por el tiempo establecido, y considerando que un 10% de agua se ha evaporado, se obtienen los siguientes resultados finales de la composición de la pasta arcillosa, reflejados en la tabla 5.20, a como sigue es 52.5 % de arcilla, 15.3% de arena y 22.2% de agua.

Tabla 5.20 Entrada y Salida de Materiales del proceso de Fermentación

ITEM	ENTRADA DE MATERIALES: ARCILLA PULVERIZADA Y LIMPIA CON ARENA TAMIZADA			SALIDA DE MATERIALES: PASTA ARCILLOSA DESPUES DEL FERMENTADO		
	Concepto	Kg/h	%	Concepto	Kg/h	%
1	Material arcilloso	52.5	52.5	Material arcilloso	52.5	52.5
2	Arena	15.3	15.3	Arena	15.3	15.3
3	Agua	32.2	32.2	Agua	29.0	22.2
4				Agua evaporada	3.2	10.0
5	Totales	100	100	Totales	100	100

5.9 ANÁLISIS DE OFERTA, DEMANDA Y DEMANDA POTENCIAL INSATISFECHA ACTUAL Y FUTURA, DE PASTA ARCILLOSA ELABORADA PARA LA PRODUCCIÓN DE CERÁMICA ARTÍSTICA EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE ORIENTE.

5.9.1 Análisis de la Oferta

SITUACIÓN DE LA OFERTA

La producción de la pasta de arcilla en el municipio de San Juan de Oriente es menor que la demanda. Debido a que existen 345 talleres aproximadamente en todo el municipio, y que actualmente solo existen dos pequeños talleres que elaboran y consumen su propia pasta y dos talleres semi-industriales las cuales usan su propia pasta y venden el excedente al resto de los talleres que solo compran. así como otros pequeños talleres que consumen su propia pasta; por tal razón estos talleres abastecen los totales existentes.

PROYECCIÓN DE LA OFERTA FUTURA

En el mercado nacional no existe ninguna fábrica que venda este producto a nivel industrial y los artesanos que la venden no ofrecen cantidades suficientes como para satisfacer las necesidades de toda la población artesanal y la necesaria para ellos.

A partir de la oferta actual se proyectaron 5 años y los resultados obtenidos se encuentran en la tabla 5.21.

Tabla 5.21 Valores Futuros de la oferta de pasta

AÑO		OFERTA FUTURA Kg/año
0	2007	24,805,284.3
1	2008	26,045,548.5
2	2009	27,347,826.0
3	2010	28,715,217.3
4	2011	30,150,978.1
5	2012	31,658,527.0
6	2013	33,241,453.4

5.9.2 Análisis de la Demanda

DEMANDA ACTUAL DE PASTA ARCILLOSA

La demanda al año 2007 de pasta arcillosa recopilada mediante la encuesta es de 68,894,858.3 Kg al año.

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA FUTURA

Considerando que el 91.94% serán los posibles clientes de la pasta arcillosa a partir de la proyección de la encuesta, y además que se tiene un crecimiento de talleres del 5% correspondiente con el índice de crecimiento de la población hasta el año 2012 entonces la demanda futura proyectada para los próximos cinco años es presentada en la tabla 5.22.

Tabla 5.22 Valores Futuros de la demanda de pasta

AÑO		DEMANDA FUTURA Kg/año
0	2007	68,894,858.3
1	2008	72,339,601.2
2	2009	75,956,581.3
3	2010	79,754,410.4
4	2011	83,742,130.9
5	2012	87,929,237.4
6	2013	92,325,699.3

5.9.3 Análisis de la Demanda Potencial Insatisfecha

DEMANDA POTENCIAL INSATISFECHA ACTUAL

La demanda potencial insatisfecha actual es debido a que existe una gran demanda y poca oferta de pasta, por lo que solo existen pocos talleres que la producen.

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA POTENCIAL INSATISFECHA FUTURA

Los resultados de la demanda potencial insatisfecha se muestran en la Tabla 5.23. Se observa que de demanda insatisfecha es alta y que se incrementa en un 4%, año con año aproximadamente, lo que indica que la es necesario procesar mayor cantidad de pasta arcillosa para cumplir con lo demandado por los artesanos.

Tabla 5.23 Demanda potencial insatisfecha

AÑO		DEMANDA Kg/año	OFERTA Kg/año	DPI Kg/año
0	2007	68,894,858.3	24,805,284.3	44,089,574.0
1	2008	72,339,601.2	26,045,548.5	46,294,052.7
2	2009	75,956,581.3	27,347,826.0	48,608,755.3
3	2010	79,754,410.4	28,715,217.3	51,039,193.1
4	2011	83,742,130.9	30,150,978.1	53,591,152.7
5	2012	87,929,237.4	31,658,527.0	56,270,710.4
6	2013	92,325,699.3	33,241,453.4	59,084,245.9

Fuente: Elaborada a partir de datos proyectados de la Demanda y Oferta

5.9.4 Resultados de la Encuesta

En la Figura 5.19 se presenta la distribución de la población artesanal con respecto a la producción y consumo de pasta arcillosa, obtenida de las encuesta aplicadas a un total de 62 artesanos, que corresponden al 18% del total de la población artesanal, encontrándose que el 8% son artesanos que venden pasta arcillosa (usan su propia pasta y venden el excedente), el 5% son artesanos que no venden ni compran pasta (usan solamente la pasta preparada por ellos), 10 % son artesanos que compran y hacen para su uso y el 77% son artesanos que compran pasta (compran a los artesanos que venden el excedente).



Figura 5.19 Distribución del consumo y producción de pasta arcillosa en San Juan de Oriente

Las respuestas a cada pregunta formulada en la encuesta se encuentran detalladas a continuación:

RESPUESTA N° 1

El 23% del total de las encuestas corresponden a 14 artesanos que elaboran pasta arcillosa tanto para su producción de piezas como para vender el excedente y el 77% restante correspondiente a 48 artesanos que no elaboran la pasta para producción de piezas ya que estos la compran, se evidencia que hay un alto porcentaje de artesanos que comprarán la pasta.



Figura 5.20 Resultados de la encuesta, pregunta 1.

RESPUESTA N° 2

El propósito de esta pregunta era de confirmar que del total de los artesanos que elaboran la pasta del 23% de artesanos que elaboran la pasta también la hacen para su consumo también, ver tabla 5.21.

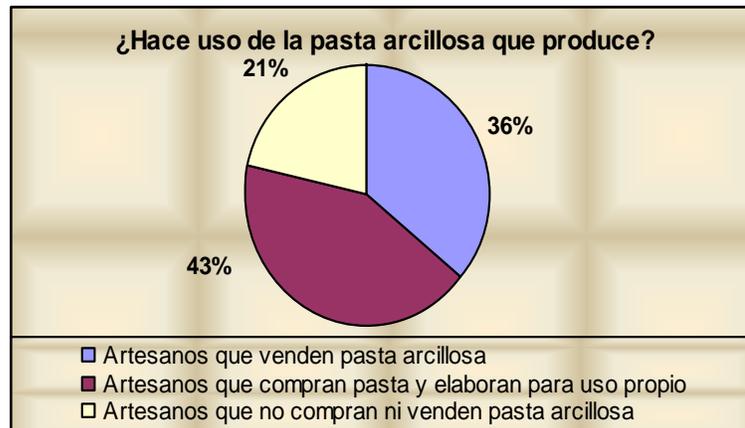


Figura 5.21 Resultados de la encuesta, pregunta 2.

RESPUESTA N° 3

En la figura 5.22 se muestra la cantidad de arcilla que acopian los artesanos que producen pasta arcillosa, encontrándose que un rango desde 100 libras hasta 20,000 libras, en un periodo de un año. El 30% ocupa entre 400 a 500 libras anuales y el 21% entre 100 a 200 libras anuales. El resto ocupa entre 5,400 libras y más de 20,000 libras

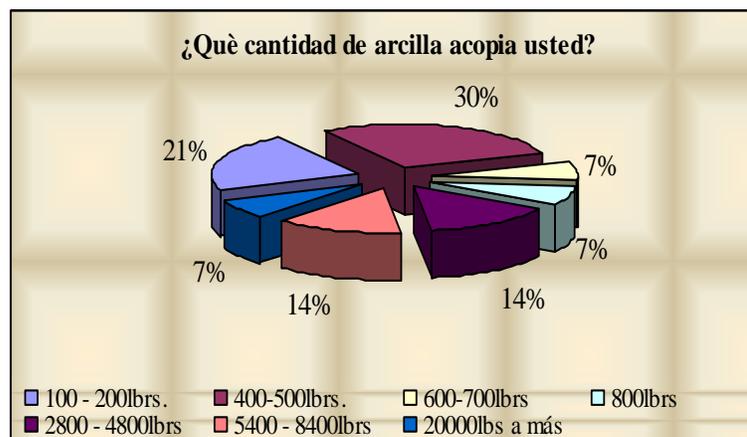


Figura 5.22 Resultados de la encuesta, pregunta 3.

RESPUESTA N° 4

Esta pregunta se realizó con el objetivo de conocer la variación del precio de adquisición de la arcilla que es vendida tanto húmeda como seca, el precio de la arcilla húmeda es menor que el de arcilla seca, ya que esto se considera como valor agregado en la cual la arcilla va directamente al proceso.

Se observa que el 43% de los artesanos de la compra a menos de 50 centavos de córdoba por libra, el 29% entre 20 y 25 centavos de córdoba por libra y solo un 7% la compra entre 1 y 1.5 centavos de córdoba por libra. El 21% no tienen necesidad de comprarla porque poseen yacimiento en sus territorios.

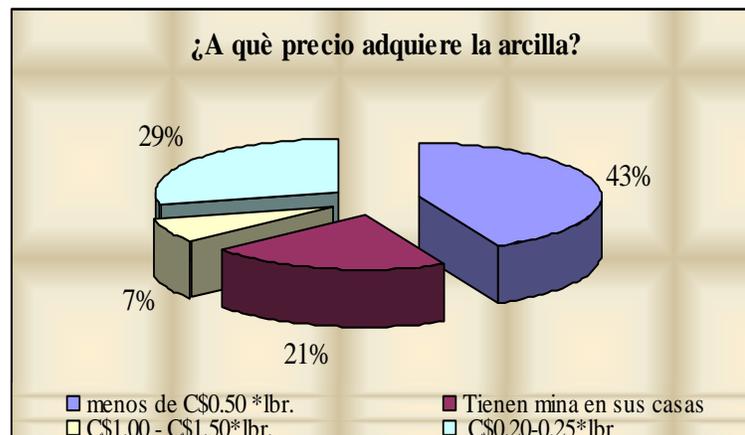


Figura 5.23 Resultados de la encuesta, pregunta 4.

RESPUESTA N° 5

Tomando como valor de referencia de mensual para la producción de pasta arcillosa, se muestra en la figura 5.24 que el 51% utiliza para la producción de pasta entre 100 y 200 libras de arcilla para la producción de la pasta, el 21% entre 400 a 600 libras y otro 21% entre 1,000 a 2,000 libras y solo un 7% más o igual a 5,400 libras.



Figura 5.24 Resultados de la encuesta, pregunta 5.

RESPUESTA N° 6

Este resultado esta relacionado con la pregunta No 1, respondida por los artesanos que elaboran la pasta arcillosa, y la frecuencia de tiempo en la que mayormente elaboran la pasta es semanal con el 36%, seguida del 29% que es quincenal y el 21% que lo elabora mensual, ver figura 5.25.

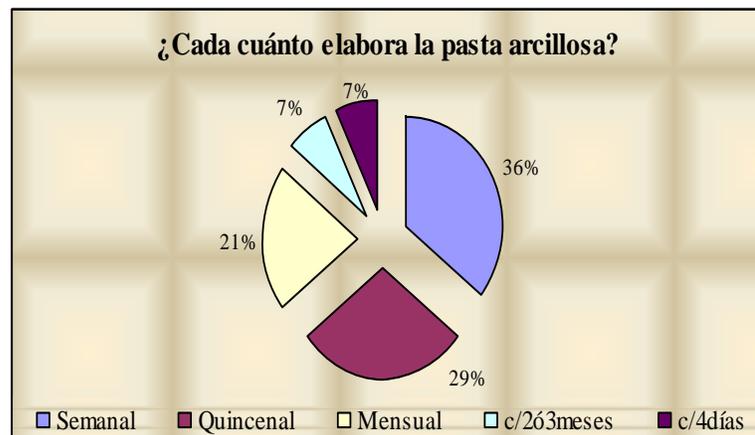


Figura 5.25 Resultados de la encuesta, pregunta 6.

RESPUESTA N° 7

El 40% es vendido en cantidades que oscilan entre 100 y 200 libras, el resto lo compra en varias cantidades, que puede ser en caso de que estos necesiten de la pasta por lo que se considera muy importante la disponibilidad de la pasta.

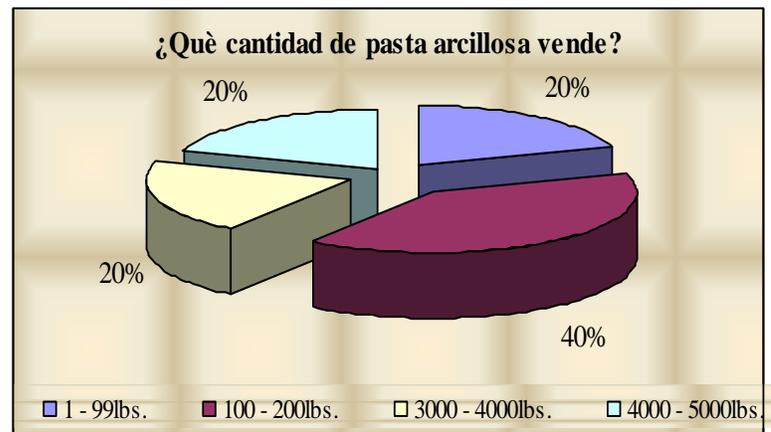


Figura 5.26 Resultados de la encuesta, pregunta 7.

RESPUESTA N° 8

Esta pregunta se realizó con el objetivo de conocer el precio de venta de la pasta, observando un gran margen entre dos cantidades a 1 cordoba con 20 centavos por libras de pasta y otra es a 3 córdobas por libra de pasta.

Es evidente que el 80% lo adquiere a 1 cordoba con 20 centavos, ya que los precios se abaratan cuando el artesano que vende la pasta posee yacimiento en su casa y aumenta de precio cuando la arcilla es comprada a un tercero, que influye directamente en el precio final de la pasta, ver figura 5.27.



Figura 5.27 Resultados de la encuesta, pregunta 8.

RESPUESTA N° 9

Esta pregunta fue respondida por los artesanos que no elaboran la pasta, mostrándose que la pasta es comprada en mayor frecuencia mensual con un 36%, seguida del 30% que es quincenal y el 13% semanal, ver figura 5.28.

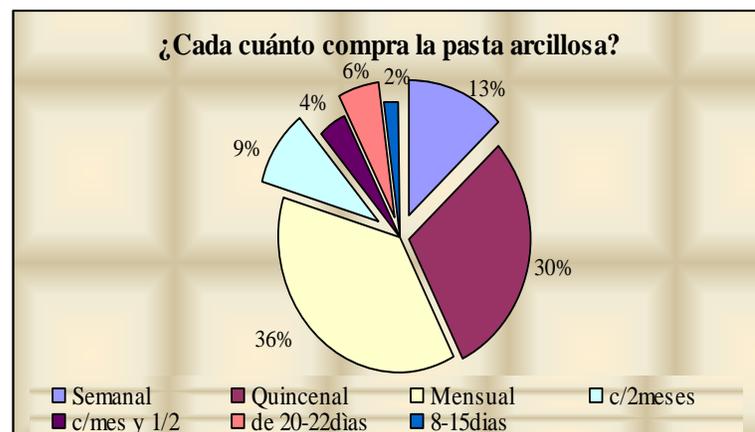
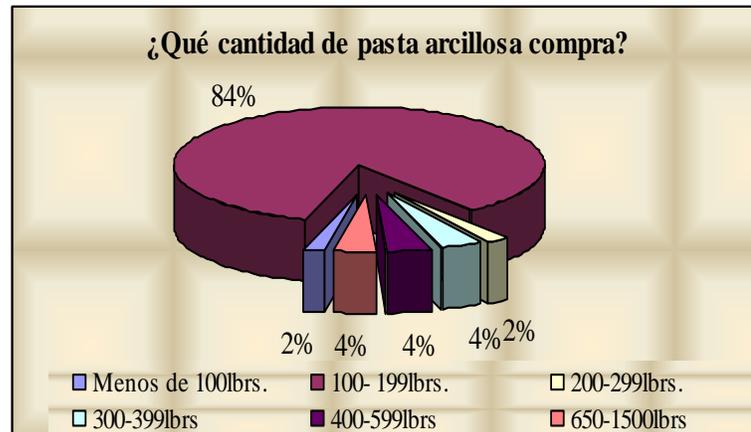


Figura 5.28 Resultados de la encuesta, pregunta 9.

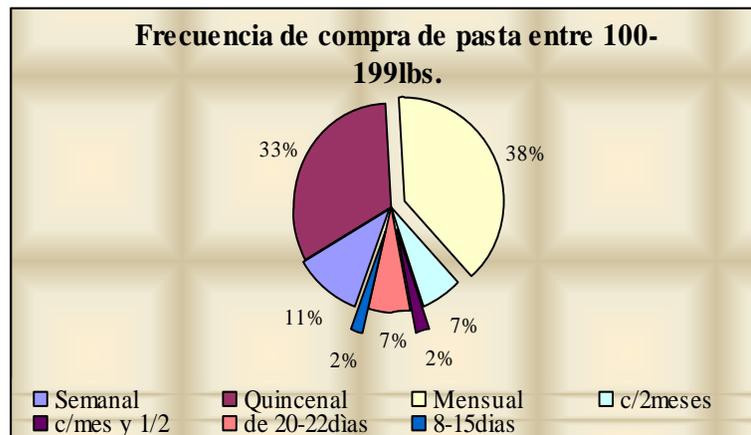
RESPUESTA N° 10

Después de analizar la frecuencia de tiempo en la que es comprada la pasta, se muestra en la figura 5.29 a) la cantidad que se compra, que en su mayoría es de 100 a 199 libras que corresponde al 84%.



a) Resultados de la encuesta, pregunta 10.

En la figura 5.29 b), se muestra que del 84% de artesanos que compran la pasta, la mayoría hace la compra mensualmente en un 38%, por lo que si la cantidad mayormente comprada que es de 100 a 199 libras fuera adquirida mensualmente al año se vendería 2,400 libras/artesano y el 33% la hace la compra quincenal, por lo que a la quincena se venderían 4,800 libras/artesano



b) Frecuencia de compra del 84%

Figura 5.29 Resultados de la encuesta, pregunta 10.

RESPUESTA N° 11

En la Figura 5.30 se puede observar que 76% compra la pasta arcillosa entre 0.60 centavos y 1 córdoba por libra, el resto lo compra mas de 1 córdoba y a menos de 0.50 centavos, esto se debe a que la mayoría de los artesanos lo compran en el mismo lugar; el resto lo compran en otro lugar que por la cercanía con su taller se ahorran en el transporte, o porque el la mayoría de los casos este lugar es el que posee con mayor frecuencia pasta para la venta.

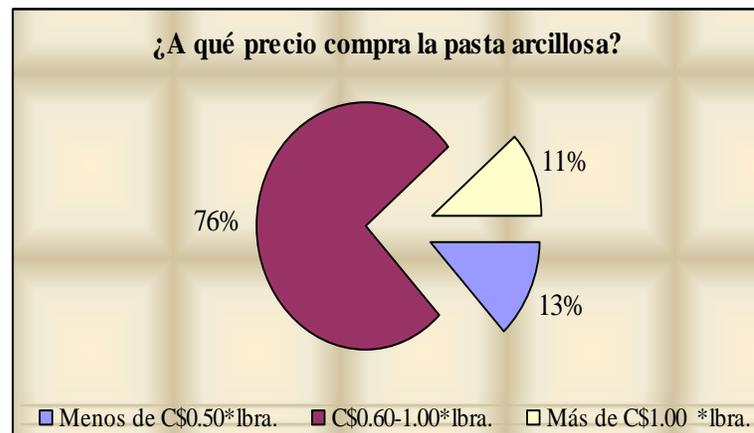


Figura 5.30 Resultados de la encuesta, pregunta 11.

RESPUESTA N° 12

El 90% de los encuestados, que venden o compran pasta, respondió que sí comprarían pasta de un centro de acopio siempre y cuando en este se encontrara disponibilidad de pasta en la cantidades y tiempos necesarios, al igual que se adquiriera con un buen precio ya sea menor o igual al precio promedio del mercado.

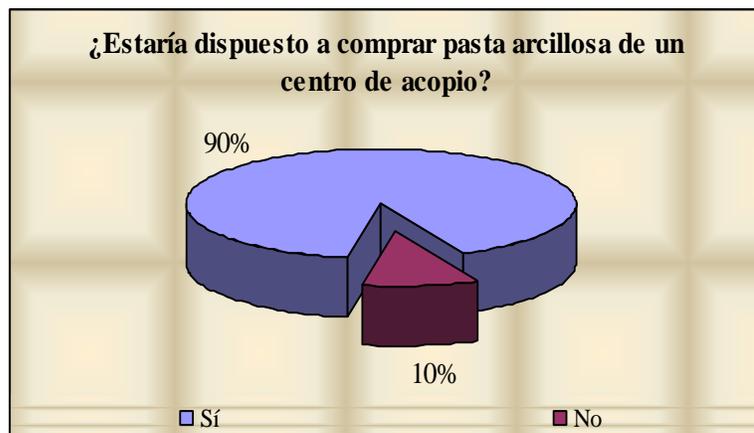


Figura 5.31 Resultados de la encuesta, pregunta 12.

RESPUESTA N° 13

El 63% estaría dispuesto a trabajar de cualquier forma en el centro de acopio y el 32% no respondió, porque consideraban que la única forma de participar era con disponibilidad de capital y asociados a una cooperativa. El 5% son artesanos que no compran ni venden la pasta porque la actividad es familiar.

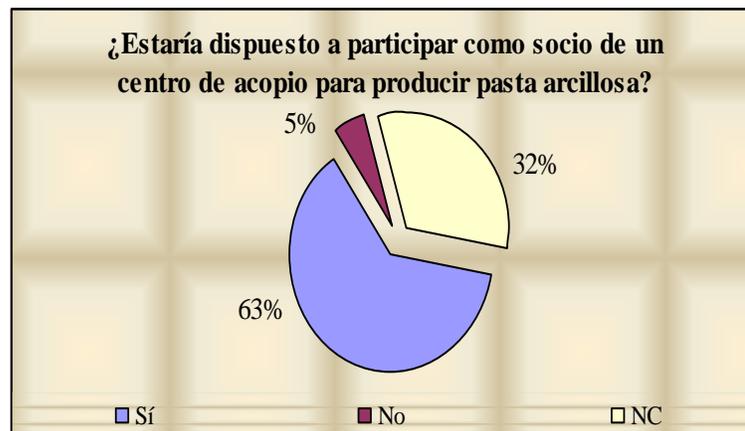


Figura 5.32 Resultados de la encuesta, pregunta 13.

5.9.5 Volumen de Producción de Pasta Arcillosa

El volumen de pasta arcillosa a producir fue determinado mediante la aplicación de la encuesta en Noviembre 2007 a los artesanos de San Juan de Oriente del departamento de Masaya, fue considerado para el diseño tecnológico de los equipos a usar.

Los artesanos de San Juan de Oriente dedicados a la producir cerámica artística es de aproximadamente 345 talleres, de los cuales los resultados de los encuestados que corresponden a una muestra del 18% aproximadamente, respondieron que consumirían la pasta elaborada en caso de existir el centro de acopio. También se identificó que los principales productores y proveedores de pasta arcillosa son los señores Felipe Gutiérrez, Roger Calero y Francisco Calero, los cuales además de abastecer al sector, también consumen esta para su producción, respondieron que en caso de existir el centro de acopio, estarían dispuestos a consumir la pasta arcillosa elaborada. Por otro lado existen pequeños talleres que fabrican el producto solamente para su consumo. En la Tabla 5.24 se refleja el volumen de producción obtenido considerando que se procesará el 50% de la demanda potencial insatisfecha, para cada uno de los años proyectados.

Tabla 5.24 Volumen de producción anual

AÑO		VOLUMEN DE PRODUCCIÓN Kg/año
0	2007	22,044,787.0
1	2008	23,147,026.3
2	2009	24,304,377.7
3	2010	25,519,596.5
4	2011	26,795,576.4
5	2012	28,135,355.2
6	2013	29,542,122.9

Fuente: Elaborada a partir de la Tabla 5.23

5.10 ANALISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS Y SU CORRESPONDENCIA CON LOS PARAMETOS OPTIMOS DE PRODUCCION

5.10.1 Influencia del contenido de Arcilla en la Plasticidad

Los valores del índice de plasticidad determinados para las pastas elaboradas (A1, B1, C1, D1) se muestran en la figura 5.33, estos variaron en un rango definido entre 16 y 27, para un contenido de arcilla entre 22.57 y 34.10%. El comportamiento encontrado para esta propiedad es lineal con respecto al contenido de arcilla, concordando así con lo planteado por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

La pasta D1 presentó el índice de plasticidad mayor, lo cual se debe a que es la pasta con mayor contenido de arcilla, por otro lado se encontró que el IP varía para las pastas con contenido de arcilla muy similar, como es el caso de las pastas A1 y C1, esto podría deberse al mayor contenido de arena fina en la pasta A1 debido a que como material desengrasante provoca una disminución del índice de plasticidad. Por tanto, el valor del IP de C1 es mayor que el de A1. Mientras que la pasta B1 presentó el índice de plasticidad menor de todas las pastas, debido a que posee un contenido de arena fina y limo mayor que las demás y una menor cantidad de arcilla.

Los valores obtenidos para todas las pastas elaboradas se encuentran muy por encima de los parámetros óptimos (17 a 19%³¹) para la elaboración de piezas artísticas.

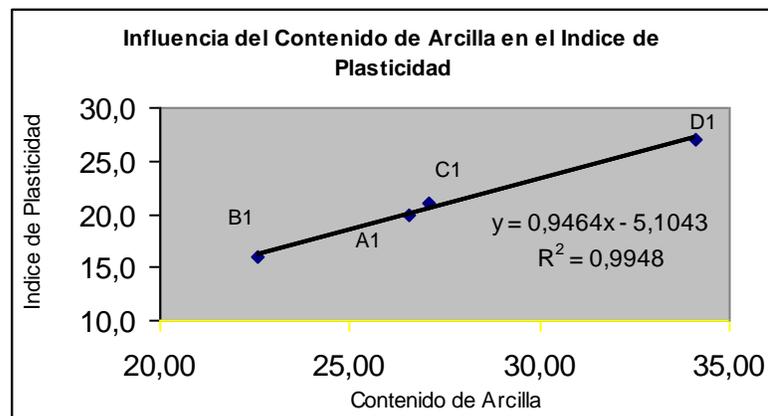


Figura 5.33 Influencia del contenido de arcilla en la Plasticidad

³¹ Vicentiz, J.L. et al., (año), Pastas Cerámicas, Características técnicas, Programa de Suministro.

5.10.2 Influencia del contenido de Arcilla en la Humedad de Moldeo

Los valores de la humedad de moldeo determinados para las pastas elaboradas (A1, B1, C1, D1) se muestran en la figura 5.34, observándose que ésta varía en un rango de 25.9 a 26.5%, para un contenido de arcilla entre 22.57 y 34.10%. El comportamiento encontrado para esta propiedad es lineal con respecto al contenido de arcilla y está en correspondencia con lo teórico, planteado por el SUCS.

La pasta B1 presentó el menor valor de humedad de moldeo de todas las pastas, probablemente porque su contenido de arcilla también es bajo en relación con las demás pastas, seguida de las pastas A1 y C1 que contienen un poco más de arcilla y por tanto una humedad de moldeo más alta. Por último se encuentra la pasta D1 que es la que posee el porcentaje más alto de humedad de moldeo de todas las pastas, lo cual puede estar influenciado por su alto contenido de arcilla que también resulta ser el más alto en relación con el resto de las pastas, lo cual provoca que retenga mayor humedad, ya que además es la pasta que contiene menor cantidad de arena fina y limo.

Cuanto mayor es la cantidad de arcilla que posee una pasta, mayor es su humedad de moldeo ya que la arcilla tiene mayor capacidad de absorber agua, debido a sus espacios intermoleculares y posee la propiedad de adquirir toda clase de formas en presencia de agua, mediante el moldeo, hasta cierto límite sin romperse.

Los valores obtenidos de humedad de moldeo para las pastas elaboradas A1, B1, C1 y D1 se consideran un poco altos ya que según la bibliografía, salen del rango óptimo el cual varía de 18 a 22%³².

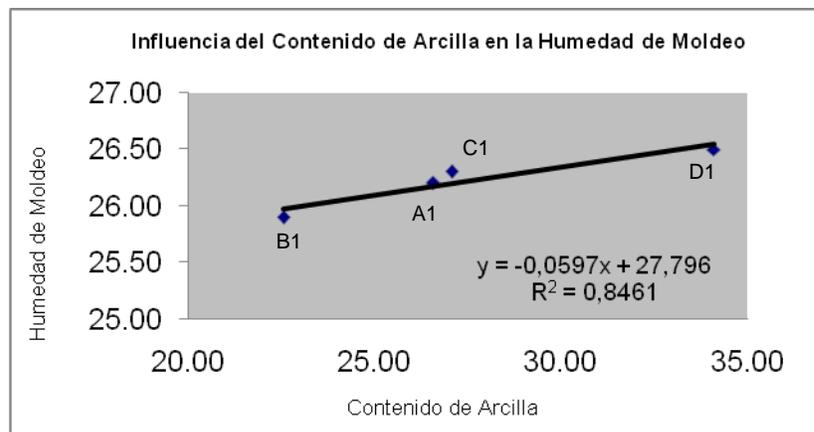


Figura 5.34 Influencia del contenido de Arcilla en la Humedad de Moldeo

³² J.L. Vicentiz, S.L. y V. Diez, S.L. Pastas Cerámicas, Características técnicas, Programa de Suministro.

5.10.3 Influencia del contenido de Arcilla en la Sensibilidad al Secado

Los valores que reflejan la sensibilidad al secado para las pastas elaboradas (A1, B1, C1 y D1) se muestran en la figura 5.35, estos varían en un rango de 9.5 a 12.5 con una tendencia lineal y creciente con respecto al contenido de arcilla, lo cual tiene concordancia con lo planteado por el SUCS, indicando que a mayor contenido de arcilla en una pasta, ésta se vuelve más plástica y más sensible al secado por la capacidad significativa que posee la arcilla debido a su finura de grano y su composición química, de absorber mayor cantidad agua.

La pasta B1 es la que presentó el menor valor de la sensibilidad al secado, lo cual se debe a que ésta contiene menor cantidad de arcilla en su composición, haciendo que se formen menos grietas en su superficie. Las pastas C1 y A1 poseen el mismo valor de esta propiedad esto puede ser debido a que ambas pastas poseen un contenido de arcilla similar siendo un poco mayor en C1, pero en esta pasta el contenido de limo es un poco mayor que en A1 por lo tanto ambas se complementan. Mientras que la pasta D1 presentó el mayor valor de sensibilidad al secado, lo cual está en concordancia con su contenido de arcilla, haciéndola más sensible a la temperatura debido a que el agua se separa más rápido de la pasta contribuyendo así al agrietamiento de la misma durante el secado.

Este comportamiento se encuentran muy por encima del rango óptimo la cual oscila en un rango de 3.4 a 6% para pasta terracota, como esta propiedad depende tanto de la humedad a la cual se encuentre la pasta así como de su contenido de arcilla, entonces entre mayor sean ambos componentes, mayor será el valor de sensibilidad al secado. Por tanto si las pastas se elaboraran con una humedad de moldeo podrían mejorar esta propiedad, previniendo de esta forma el agrietamiento de las piezas elaboradas en las etapas de secado y cocción del proceso y por ende pérdidas económicas al productor.

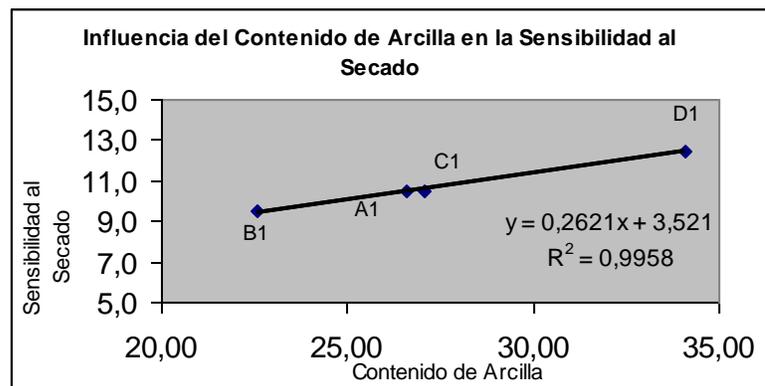


Figura 5.35 Influencia del contenido de Arcilla en la Sensibilidad al Secado

5.10.4 Influencia del Contenido de No Plásticos en el Índice de Plasticidad

La influencia del contenido de materiales no plásticos sobre del índice de plasticidad para las pastas elaboradas (A1, B1, C1, D1) se presentan en la figura

5.36. Los valores obtenidos del IP variaron en un rango definido entre 16 y 27 con respecto al contenido de no plásticos contenidos en las pastas cuyos valores oscilaron entre 32.54 y 44.08 %.

La tendencia que se aprecia para esta propiedad es lineal respecto a la cantidad de no plásticos, lo cual se relaciona con la teoría establecida por el SUCS. En la gráfica se observa el orden descendente del IP de las pastas a medida que aumenta el contenido de no plásticos, siendo D1 la que posee el valor de IP más alto y contenido de no plásticos más bajo, este comportamiento puede estar influenciado porque el contenido de arcilla que posee esta pasta en su composición resulta ser más significativo que la cantidad de no plásticos que se encuentran en ella. Por otro lado las pastas C1 y A1 presentan valores muy cercanos de IP, observándose que la pasta A1 contiene un porcentaje un poco mayor de no plásticos que C1, lo cual provoca que el valor de IP para C1 sea también un poco más alto que para A1. Por último el valor más bajo de IP lo obtuvo la pasta B1, este comportamiento puede ser debido a que esta pasta en su composición posee mayor cantidad de no plásticos y menor cantidad de arcilla.

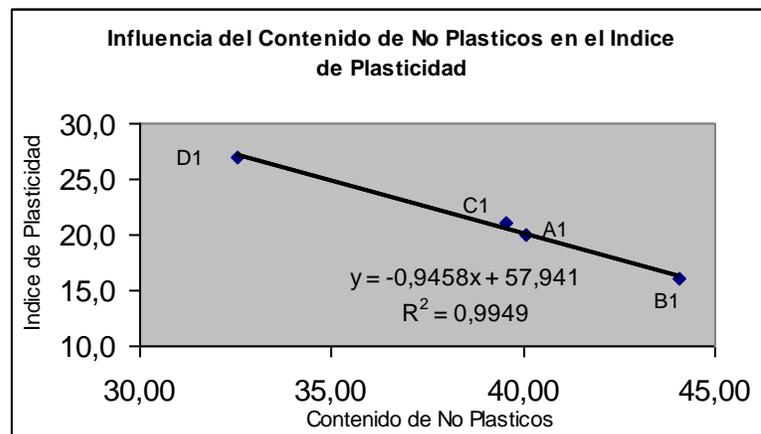


Figura 5.36 Influencia del Contenido de No Plásticos en el Índice de Plasticidad

5.10.5 Influencia del Contenido de No Plásticos en la Humedad de Moldeo

Los datos obtenidos de la humedad de moldeo en dependencia del contenido de no plásticos, para las pastas elaboradas (A1, B1, C1, D1) se muestran en la figura 5.37. Los datos obtenidos de la humedad de moldeo a partir del contenido de no plásticos variaron en un rango definido de 25.9 a 26.5 para un contenido de no plásticos entre 32.54 y 44.08 %.

La tendencia apreciada para esta propiedad es lineal de acuerdo con el contenido de no plásticos presentes en las pastas. En la gráfica se aprecia una disminución de la HM en las pastas a medida que el contenido de no plásticos es mayor, lo cual está en concordancia con lo planteado por el SUCS. La pasta D1 presentó mayor valor de HM ya que es la que posee menor cantidad de no plásticos en su composición, permitiendo a la pasta absorber mayor cantidad de agua, seguida de

las pastas C1 y A1 en las cuales su humedad de moldeo va en descenso, quizás porque su contenido de no plásticos va aumentando. Finalmente la pasta B1 dio como resultado el valor de humedad de moldeo más bajo de todos en comparación con las demás pastas, lo cual puede ser, porque es la pasta con mayor cantidad de no plásticos y menor cantidad de arcilla.

Generalmente el comportamiento en esta gráfica se da por la influencia que poseen los materiales no plásticos en las pastas debido a su forma y composición granulométrica, ya que como materiales desengrasantes no contribuyen a que la pasta absorba mayor cantidad de agua para moldearse.

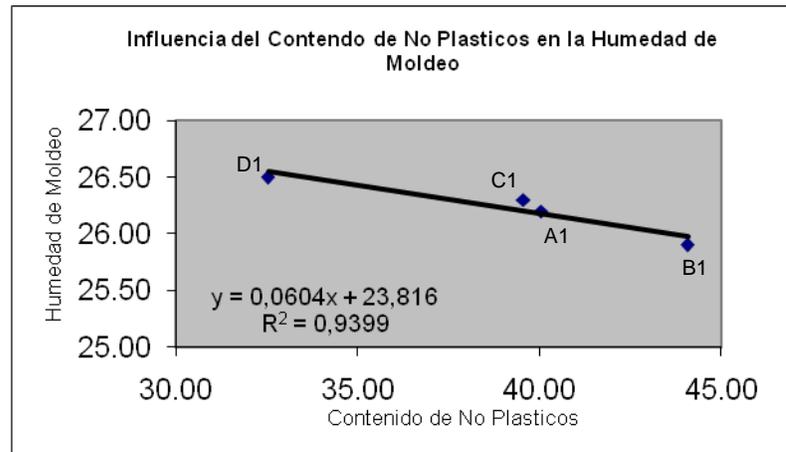


Figura 5.37 Influencia del Contenido de No Plásticos en la Humedad de Moldeo

5.10.6 Influencia del Contenido de No Plásticos en la Sensibilidad al Secado

Los valores de la sensibilidad al secado para las pastas elaboradas (A1, B1, C1 y D1) se aprecian en la figura 5.38. El comportamiento presentado para esta propiedad es lineal en relación con el contenido de no plásticos presentes en las pastas, esto confirma lo planteado en la teoría, que a medida que aumenta el contenido de no plásticos, disminuye la sensibilidad al secado en una pasta arcillosa debido a que la finura de grano de los no plásticos es mayor y cuando la pasta se seca permite que se formen menos grietas. Respecto a la pasta D1 se observa que la sensibilidad al secado que presenta es la más elevada de todas las pastas porque su punto de ubicación en la grafica es el más alto, esto puede estar afectado porque es la pasta que posee menor contenido de no plásticos en su composición y mayor contenido de arcilla lo cual permite que se formen mas grietas en la superficie de dicha pasta. En las pastas C1 y A1 se aprecia una sensibilidad al secado similar, esto pudo estar afectado porque ambas pastas poseen en su composición un contenido de no plásticos muy cercano entre sí siendo un poco más alta en no plásticos la pasta A1, pero la diferencia no es significativa. Finalmente la pasta B1 presentó el valor más bajo de sensibilidad al secado respecto a las demás pastas, esto se puede deber a la influencia de la cantidad de no plásticos en esta propiedad, que confirma lo que dice la bibliografía, que la sensibilidad al secado disminuye cuando están más presentes

los no plásticos y esta pasta es la que posee el contenido mas significativo de no plásticos en comparación con las demás.

La sensibilidad al secado de las pastas elaboradas osciló en un rango que va de 9.5 a 12.5 con un contenido de no plásticos entre 32.54 y 44.08.

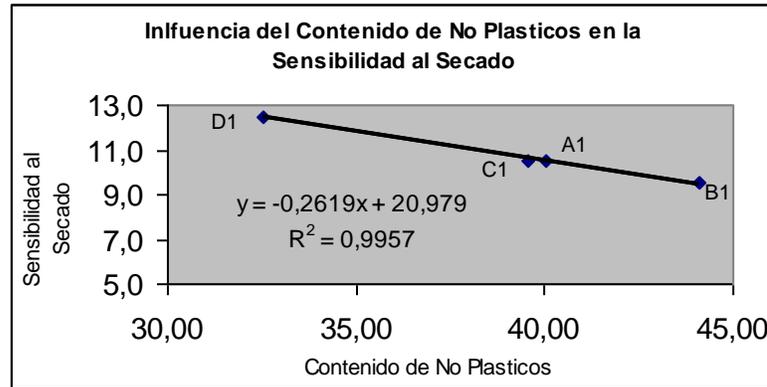


Figura 5.38 Influencia del Contenido de No Plásticos en la Sensibilidad al Secado

5.11 PROPUESTA TECNOLÓGICA Y ORGANIZACIÓN PARA EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PASTA ARCILLOSA.

5.11.1 Proceso tecnológico Propuesto para la Elaboración de Pasta Arcillosa

La propuesta del proceso productivo de la pasta a usar por los artesanos se presenta en la figura 5.39, las etapas van desde el acopio de la arcilla hasta la comercialización, además se detallan los insumos y sus características requeridas para su elaboración.

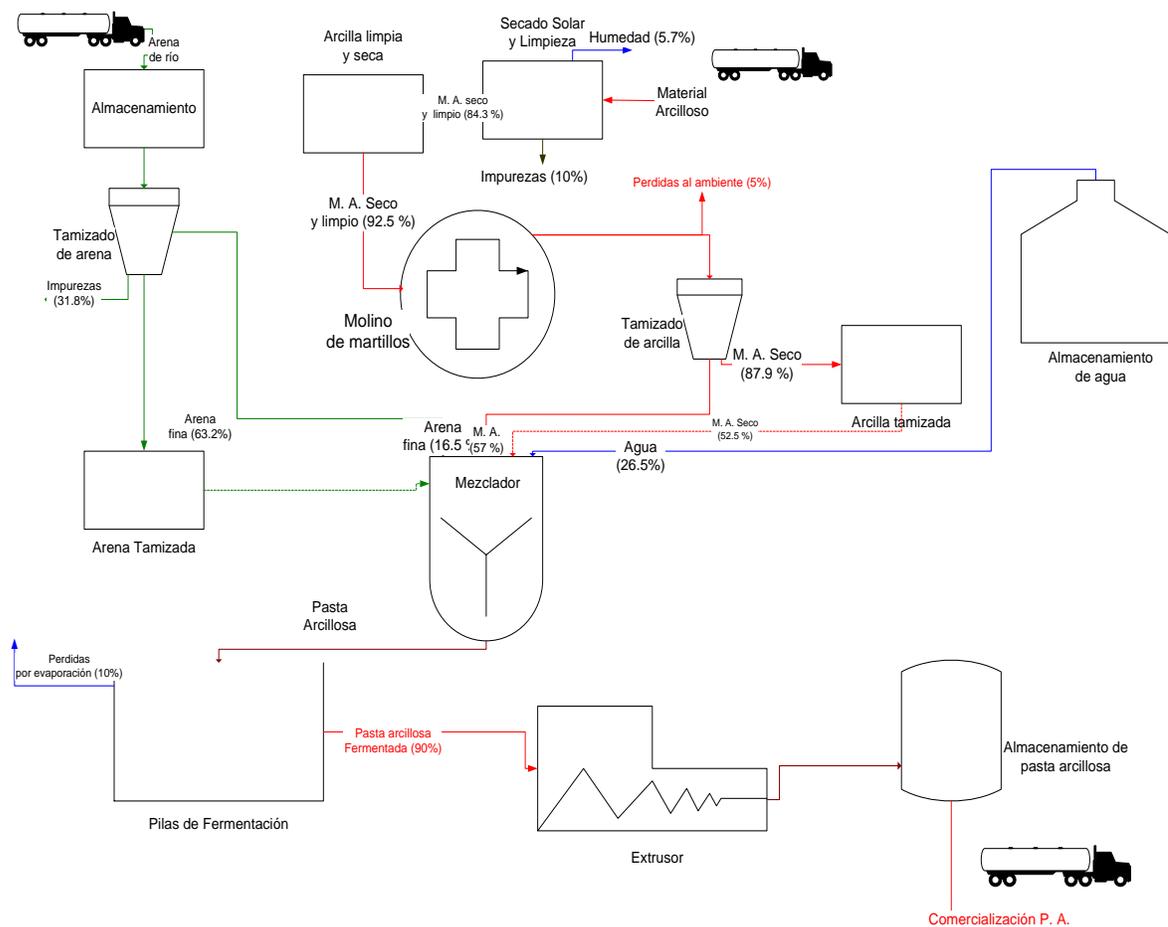


Figura 5.39 Proceso de producción propuesto para la elaboración de Pasta Arcillosa

- 1) **Extracción del banco de materiales:** La arcilla puede ser adquirida por terceros, estos la ofrecen limpia y seca, lista a procesarse o ser almacenada pasando a la etapa 3 y 4 según se requiera, o se puede comprar húmeda y sucia para seguir a la siguiente etapa, según los análisis realizados la arcilla de este municipio tiene en promedio de 12% de agua.

- 2) Secado Solar, Fragmentación y Limpieza:** Para el caso en que se adquiera material arcilloso sucio y húmedo, se debe exponer a la radiación solar en el patio, el cual debe estar embaldosado. El tiempo de secado promedio puede ser de 8 días, hasta alcanzar la humedad de aproximadamente un 6%. Se recomienda que durante la noche el material sea tapado con plástico para evitar que se humedezca por el rocío nocturno, en el secado se considera una pérdida del 6% de humedad. Al mismo tiempo del secado se realizará la limpieza, la cual consiste en eliminar los agregados del material e impurezas como piedras y raíces, se considera un 10%. Esta actividad se realiza por uno de los trabajadores de forma manual, con ayuda de un mazo y de un rastrillo, además es necesario un barril para almacenar las impurezas separadas. En esta etapa el material cambia su textura, color, debido a la pérdida de humedad, el material obtenido de esta etapa tiene una humedad del 6%, lo que no provoca grumos ni complicaciones al momento de la pulverización.
- 3) Almacenamiento de materia prima seca:** Es recomendable que se almacene la materia prima seca en un cuarto tapado donde no se incremente considerablemente la humedad del material. Se propone que no se almacene arcilla seca cruda sino que se proceda a su pulverización total y después almacenarla en sacos.
- 4) Pulverización Mecánica de la arcilla seca:** En esta etapa se lleva a cabo la pulverización de los terrones de arcilla seca, con la ayuda de un molino de martillos con tamiz integrado y filtro de membrana para evitar una menor pérdida en polvos, según las especificaciones descritas en el numeral 5.11.2 inciso 1; durante esta etapa se estimó un 5% en pérdidas por polvos. La arcilla molida tendrá un tamaño de partícula adecuado definido como se describe en 5.4.3, para que la pieza a producir adquiera mayor uniformidad y una textura fina y lisa, y así evitar que la pieza se quiebre. Parte del material es usado inmediatamente en la etapa 10 y otro es almacenado según la etapa siguiente.
- 5) Almacenamiento de arcilla pulverizada:** Esta etapa se almacena en un cuarto protegido con plástico la arcilla lista a utilizarse en cualquier momento, dependiendo de la demanda de pasta es almacenada en sacos cubiertos por plástico.
- 6) Extracción de arena:** Se puede usar arena de río o de arroyo, para la cual se considera que contiene un 5% de humedad. Se recomienda que se haga un estudio para determinar la influencia de la arena en el producto final en dependencia de su composición.
- 7) Tamizado de arena:** Se debe usar un tamiz No. 100 con diámetro de luz malla de 0.15 a 0.1 mm de diámetro, como se describe en 5.4.1, en esta etapa se aprovecha el 68.21% el cual cumple con las características utilizadas por los artesanos y el 31.79% es material mayor al tamaño de partícula deseado la

cual es considerado como desecho el cual es depositado en sacos que posteriormente es vendida a terceros.

- 8) Almacenamiento de arena tamizada:** Parte de la arena tamizada proveniente de la etapa anterior es utilizada en la etapa 10 dependiendo de la demanda de pasta, el resto se almacena en sacos dentro de un cuarto protegida con plástico, lista a utilizarse en cualquier momento.
- 9) Almacenamiento de agua:** Para la prevención de cualquier ocurrencia se almacena agua que será ocupada en el proceso de elaboración de la pasta y otras necesidades de la planta, como se describe en el numeral 5.11.2 inciso 5..
- 10) Mezclado:** Con la ayuda de un tanque mezclado horizontal, descrito en el numeral 5.11.2 inciso 2, la arcilla pulverizada proveniente de la etapa 4 se mezclará previamente en seco con arena tamizada proveniente de la etapa 7, durante 10 minutos, y luego se le agrega agua en las proporciones ya definidas para cada ingrediente, considerando un 10% en exceso de agua que se evaporará en la siguiente etapa, se esperará obtener una mezcla homogénea en un periodo de aproximadamente 45 minutos.
- 11) Fermentación o Almacenamiento Anaeróbico:** La pasta obtenida del mezclado se recomienda dejarla reposar al menos por 30 días en pilas rectangulares de fermentación, descritas en el numeral 5.11.2 inciso 3, para que conserve el punto exacto de humedad que se requiere al momento de moldearla, con esta etapa se espera mejorar las propiedades tecnológicas de la pasta, el exceso de agua agregado a la mezcla se considera evaporado en esta etapa.
- 12) Extrusión:** La pasta fermentada es pasada a la extrusora o amasadora, descrita en el numeral 5.11.2 inciso 4 este proceso tiene como fin eliminar las burbujas de aire, homogenizar la pasta y darle la consistencia deseada.

En el anexo VII se muestra tabla de análisis de precio de las materias primas, a partir de los datos recopilados en las encuestas.

5.11.2 Selección de equipos

Para la selección de cada uno de los equipos se tomo en cuenta las características del material a procesar, el estado del material al momento del proceso, la calidad requerida en el producto y el volumen de producción.

1. MOLINO DE MARTILLOS

Las características tecnológicas del equipo a utilizar para pulverizar el material arcilloso son: un molino de martillos que procese el material hasta un tamaño de

partículas de 0.425 mm. A este equipo debe estar acoplado un filtro de membrana para evitar la contaminación al ambiente por pérdida de polvos, así como un tamiz sea menor a 0.422 mm. Si hubiese material que no pasará por la malla se propone que se recircule al proceso de pulverización directamente.

2. MEZCLADOR HORIZONTAL

Es uno de los equipos esenciales en el proceso de la elaboración de la pasta que consta de un tubo en forma de espiral en la parte central del tanque y dispuesto horizontal lo que permite una mayor constancia en el mezclado, ya que es aquí donde se dosifica primeramente la arcilla y arena para mezclarse en seco, luego es agregada el agua en las proporciones descritas para obtener una pasta de calidad, con un contenido de humedad constante y uniformemente mezclada.

La calidad, características y propiedades del producto final fueron también factores importantes al momento de seleccionar este equipo, ya que entre mas homogénea sea la pasta arcillosa mejor será su textura y más eficaz su manipulación al momento de elaborar las piezas de cerámica.

3. PILAS DE FERMENTACIÓN

Esta fase del proceso se llevará a cabo en un cuarto oscuro en un ambiente anaerobio y en pilas construidas de concreto con las dimensiones y capacidad adecuadas para almacenar los volúmenes de pasta requeridos para el tiempo establecido para que se pueda efectuar eficientemente el proceso de descomposición de la pasta, hasta el momento de trasladarla a la extrusora para el siguiente proceso.

Estas pilas serán de forma rectangular con 1 metro de alto, 3 metros de ancho y 3 metros de profundidad, con un volumen total de 9 m³, adecuadas para lograr un proceso eficiente de fermentación de la pasta arcillosa y facilitar su completa evacuación. Como se ve en la figura 5.40, se construirán individualmente con un pasillo intermedio de ½ metro, que permita caminar entre ellos y facilitar la evacuación de la pasta. El número de pilas a construir será de 6, pudiendo aumentar este numero según la demanda y crecimiento de la planta.

4. EXTRUSORA O AMASADORA

La selección de este equipo se basó principalmente en las características tecnológicas que va a conservar el producto final, entre ellas tenemos: mayor compacidad, resistencia, mayor densidad, ausencia de burbujas de aire; ya que todo esto produce menos pérdidas a la hora de vender la pasta al consumidor, porque el cliente obtendrá una pasta más duradera y firme.

Se pretende que anualmente este equipo trabaje con un volumen de producción determinado en la tabla 5.24, dicho equipo debido a su trabajo rudo se propone que para su construcción el material utilizado sea de hierro o acero inoxidable.

La extrusora es donde se espera que se transforme la pasta previamente mezclada en un producto final mucho más homogéneo que significa el éxito en el producto esperado.

5. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

Este se adquirirá de los existentes en el mercado, de preferencia de plástico, con el propósito de evitar retrasos en el proceso de mezclado debido a la carencia de este vital líquido y para las operaciones de limpieza y otras necesarias en la planta. Se ubicara de forma aérea y según como se muestra en la figura 5.40, en las afueras de las instalaciones físicas de la planta.

6. TAMIZ

Es necesario un tamiz mecánico, metálico, con un tamaño de partículas descrito en 5.4.1, para su construcción se prefiere de acero.

5.11.3 Distribución de Planta del Proceso

Esta es la propuesta para el diseño de la planta basándonos en el flujo del proceso para facilitar el almacenamiento y el total de las operaciones.

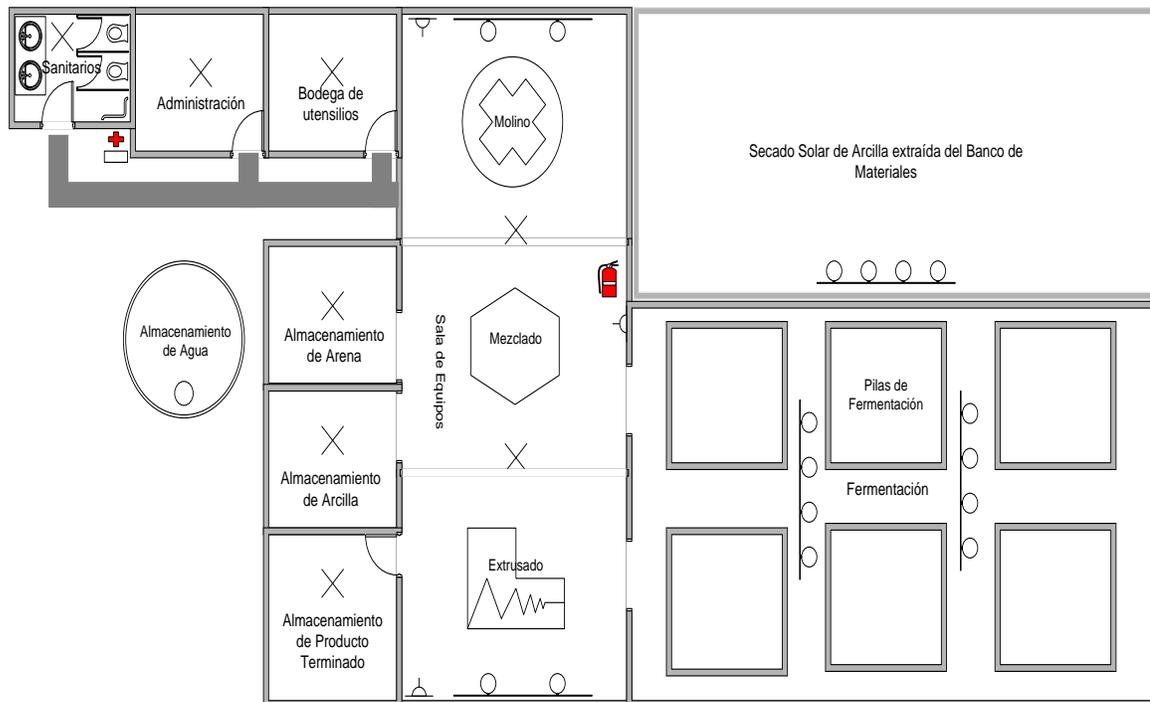


Figura 5.40 Diseño propuesto para la distribución de la planta productiva de Pasta Arcillosa

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES

Las características generales de los cuatro yacimientos analizados, los clasifican como aptos para ser usados como materia prima en la elaboración de cerámica.

Los balances muestran que la pasta arcillosa contiene 52.5% de M. A., 32.2 % de humedad y 15.3% de arena.

Las propiedades tecnológicas de las pastas arcillosas. pueden ser modificadas por los artesanos agregando más o menos arena para conseguir la calidad del producto final que requieren.

La demanda de pasta arcillosa. en el año 2007 fue de 68,894,858.3 Kg/año, la oferta de 24,805,284.3 Kg/año, mientras que la DPI en ese mismo año fue de 44,089,574.0 Kg/año.

Las propiedades tecnológicas de las pastas arcillosas elaboradas no se encuentran en el rango de valores óptimos recomendados.

CAPITULO VII

7. RECOMENDACIONES

Para su industrialización, es necesario que se realicen controles de calidad en todo el proceso con especial énfasis en la materia prima y producto terminado.

Organizar en conjunto con organismos de cooperación y artesanos programas de capacitación y asistencia técnica, que profundice en estudios de mezclado, fermentación, secado, cocción y pintura; con el fin, de contribuir a un mejor asesoramiento a la producción artesanal de cerámica artística en el Municipio de San Juan de Oriente utilizando tecnología moderna en compatibilidad con el medio ambiente y el desarrollo económico sostenible.

Gestionar los recursos financieros para la creación de un centro de investigación orientado a la mejora de la producción y el desarrollo sostenible del sector.

CAPITULO VIII

8. NOMENCLATURA

Parámetro	Significado	unidades
H	Humedad absoluta del aire	Kg agua/Kg aire seco
M _w	Masa de agua	Kg
H _r	Humedad relativa del aire	%
P _v	Presión de vapor	mm Hg
P	Presión atmosférica	mm Hg
M _a	Sumatoria de los porcentajes de los gases que se encuentran en el aire (CO ₂ , Ar, N ₂ y O ₂), por el peso atómico de cada uno	Kg
P _{H+T}	Peso del yacimiento antes de introducirlo en el horno más el peso de la tara	Kg
P _{S+T}	Peso del yacimiento después de salir del horno a la temperatura y tiempo establecido más el peso de la tara	Kg
P _T	Peso del recipiente en el cual se pesó el material arcilloso	Kg
M _a	Masa de agua	Kg
V _a	Volumen de agua	m ³
M _{pa}	Masa de pasta arcillosa	Kg
M _{ma}	Masa del material arcilloso	Kg
M _{ar}	Masa de arena	Kg
% ma	Porcentaje de material arcilloso	%-m
% a	Porcentaje de agua	%-m
% ar	Porcentaje de arena	%-m
D _F	Demanda futura de pasta arcillosa en el municipio [Kg/año
D _A	Demanda actual de pasta arcillosa la cual fue obtenida por las encuestas	Kg/año
O _F	Oferta futura de pasta arcillosa en el municipio	Kg/año
O _A	Oferta actual de pasta arcillosa la cual fue obtenida por las encuestas	Kg/año
DPI	demanda potencial insatisfecha	Kg/año
h	Altura a la cual se encuentra el Municipio de San Juan de Oriente sobre el nivel del mar.	mt
$z_{\alpha/2}^2$	Nivel de confianza elegido	
σ^2	Varianza poblacional	
P	Ocurrencia	
e^2	Error máximo	
i	Tasa de crecimiento del sector de la cerámica decorativa en el municipio, estimado en un 5 % anual; n es el número de años a proyectar	
SUCS	Clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación	USCS

*Diagnostico Tecnológico del Proceso de Elaboración de Pasta Arcillosa para la
Producción de Cerámica Artística en el Municipio de San Juan de Oriente*

	de Suelos (Unified System of Classification of Soils)	
W_m	Peso de la muestra	gr
V_f	Volumen final después de agregar la arcilla	ml
$\%m_T$	Porcentaje de masa total que pasa por cada tamiz	%
m_{tamiz}	Masa que queda retenida en cada tamiz	gr
m_{tota}	Suma de las masas que quedaron retenidas en cada tamiz	gr
$\%H$	Porcentaje de humedad que contiene la muestra	%
W_{H+T}	Peso de la muestra húmeda más el peso de la tara	gr
W_{S+T}	Peso de la muestra seca después de sacarla del horno más el peso de la tara	gr
W_T	Peso de la tara.	gr
C_s	Contracción al Secado	cm
L_i	Longitud inicial de la muestra	cmc
L_{fs}	Longitud final de la marca después del secado	cm
m_{humeda}	Masa húmeda de pasta arcillosa después del mezclado;	gr
m_{seca}	Masa seca de pasta arcillosa después del secado	gr

Hacer otra tabla para los subíndices

Simbolo	Significado	unidades
ag	Agua	
a	Arcilla	
ar	Arena	
ma	Material Arcillosa	
pa	Pasta arcillosa	

Hacer otra tabla para las letras griegas

Símbolo	Significado	unidades
ρ	Densidad	Kg/m^3
ρ_a	Es la densidad del agua	Kg/m^3
g	Es la gravedad de la tierra	$9.8m/s^2$

CAPITULO IX

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros:

1. Baca Urbina, Gabriel 1997 **Evaluación de Proyectos** McGrawHill Tercera edición
2. Cepeda Dovala, Juan Manuel 1991 **Química de Suelos** Editorial Trillas Universidad Nacional Autónoma Agraria Antonio Narro. Segunda Edición. México
3. Harmer E., Davis 1964 **The testing and inspection of engineering materials**. McGrawHill Civil Engineering Series. Tercera edición
4. Juárez Badillo, Rodríguez Rico 2001 **Mecánica de Suelos** Editorial Limusa Tercera edición Tomo I
5. Lambert T. William, Whitman Robert U. 1987 **Mecánica de Suelos**. Editorial Limusa. Primera Edición
6. Lambert T. William, Whitman Robert U. 1996 **Mecánica de Suelos**. Editorial Limusa Norregis
7. Luna González, Ernesto 2003 **Evaluación de cuatro yacimientos de arcilla, Municipio de San Juan de Oriente. Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC)** Managua
8. T.J. Marshall, J.W. Colmes y C.W. Rose. **Soil Physics**, Editorial Cambridge. Third Edition.
9. Wiley John and Sons 2002 **Geographic Information Systems and Introduction** Tercera edición
10. Scheaffer Richard L, Menderhall William 1986 **Elementos de Muestreo** Grupo Editorial Iberoamericana

Sitios Web:

- www.mexicodesconocido.com.mx//español/cultura_y_sociedad/...
- www.ibw.com.ni/~bolivar/Sanjuan.html
- [www.intur.gob.ni/act_ampliada.php?id=1 - 21k](http://www.intur.gob.ni/act_ampliada.php?id=1-21k)
- http://es.wikipedia.org/wiki/Pasta_cer%C3%A1mica
- http://es.wikipedia.org/wiki/Textura_del_suelo
- http://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_de_suelos
- http://es.wikipedia.org/wiki/Cer%C3%A1mica_artesanal
- <http://www.inpyme.gob.ni/pdf/artesania/artesania.pdf>
- <http://www.acercar.org.co/industria/manuales/iceramica/02proceso.pdf>
- http://www.quiminet.com/ar5/ar_advcbcBuAAss-que-son-las-arcillas.htm
- <http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/uscsM2.htm>
- http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/109/html/sec_6.html
- <http://www.ineter.gob.ni/>
- <http://www.google.com/search?ie=ISO88591&domains=ineter.gob.ni&sitesearch=ineter.gob.ni&q=BOLET%C3%89N+CLIM%C3%81TICO+DEL+MES+DE+MAYO+DEL+2007&button=Buscar>

- <http://www.monografias.com/trabajos15/suelos-consistencia/suelos-consistencia.shtml>
- <http://www.inaa.gob.ni/>, [Acuerdo Tarifario No.9 - Tarifas ENACAL](#)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Evaporaci%C3%B3n_\(hidrolog%C3%ADa\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Evaporaci%C3%B3n_(hidrolog%C3%ADa))
- <http://edafologia.ugr.es/introeda/tema04/otraspp.htm>
- <http://html.rincondelvago.com/agua-en-el-suelo.html>
- <http://www.igeograf.unam.mx/instituto/publicaciones/libros/hidrogeografia/cp3.pdf>
- <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/suelos-productividad-agricola/suelos-productividad-agricola.pdf>
- http://rafaela.inta.gov.ar/productores97_98/p108.htm
- http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/relacion_densidad_humedad.pdf

10. ANEXOS

**ANEXO I
FORMATO DE TABLAS UTILIZADAS EN EL DIAGNÓSTICO TÉCNICO**

Tabla I-1 Consumo de agua

ITEM	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN ANUAL, m ³ / año	COSTO ANUAL, US \$ / año
1	Consumo de agua de la red		
2	Consumo de agua de pozo		
3	Consumo otras fuentes		
	Totales		

Tabla I-2 Consumo de energía eléctrica

ITEM	DESCRIPCIÓN	AREA DE CONSUMO	POTENCIA DEMANDADA, kW / año	COSTO ANUAL, US \$ / año
1	Consumo de energía de la red.			
2	Consumo de otras fuentes			
	Totales			

Tabla I-3 Consumo de combustible

ITEM	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN ANUAL, m ³ / año	COSTO ANUAL, US \$ / año
1	Diesel		
2	Gasolina		
3	Leña		
4	Otros		
	Totales		

Tabla I-4 Principales cargas

ITEM	USO	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD
1	Trituración		
2	Secado		
3	Tamizado		
4	Molienda		
5	Etc,		
	Totales		

Tabla I-5 Descargas sólidas

ITEM	ORIGEN/ DESCRIPCIÓN	CANTIDAD T/año	SERVICIO/DESTINO	COSTO/INGRESO. US \$/año
1	Pre-tratamiento del material arcillosos / Materia orgánica			Costo del Servicio
2	...			
3	Etc.			

ANEXO II

METODOLOGÍA DE DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, TECNOLÓGICAS Y MECÁNICAS DE LOS MATERIALES ARCILLOSOS

1.- DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DE CONJUNTO

Para determinar esta propiedad se aplicó la norma **ASTM C 128**, esta se realiza a partir de la prueba de gravedad específica:

Procedimiento:

- Se disgregaron finamente 50g de la arcilla con ayuda del mortero en una cápsula de porcelana.
- Se tamizó la muestra de suelo a través del tamiz N° 4.
- Se pesó en la balanza una probeta de 1,000 ml.
- Se le agregó agua destilada a la probeta de 1000 ml hasta la mitad del volumen de la misma y posteriormente se agrega la arcilla previamente tamizada.
- Se anotó la altura o volumen en ml que alcanzó la suspensión al momento de agregar la muestra de suelo a la probeta con agua destilada.
- Se dejó reposar en baño a una temperatura de 20 °C por un lapso de tiempo de ½ - 1 hora hasta que se eliminen las burbujas de aire internas.
- Posteriormente se pesó la probeta con la muestra de suelo húmedo y se eliminó el agua que se le agrega al inicio.

$$\rho = \frac{W_m}{V_f} \quad (1)$$

Donde; ρ es la densidad del suelo sólido (gr/ml), W_m peso de la muestra (gr), V_f es el volumen final después de agregar la arcilla (ml).

2.- ANÁLISIS DE TAMAÑO DE PARTÍCULA A LA ARCILLA

Este se realizó empleando la medición por método mecánico, haciendo pasar la arcilla a través de tamices para las partículas más gruesas y por el método de sedimentación para las partículas más finas. A continuación se describen cada uno de los métodos.

a) Tamizado: Se usó la norma **ASTM D 422 – 63 1998**, primeramente se realizó la disolución de las arcillas, con la ayuda de recipientes, en los cuales se pone cierta cantidad de la arcilla, paso seguido se alinean los tamices en forma descendente con respecto a la abertura de luz malla. Seguidamente se hace pasar la arcilla por los tamices para obtener un porcentaje de retención en los tamices y también una cantidad de arcilla que se pierde. La arcilla perdida se obtiene por diferencia.

La ejecución de este procedimiento por tamizado y lavado por el tamiz N° 200 usado se explica en la forma siguiente:

Procedimiento:

- Se desintegraron 200 g de muestra de arcilla en el molino para fragmentar un poco los terrones de suelo.
- Se trituró la muestra en un mortero con un mazo hasta que los agregados de la partícula de arcilla estén rotos en granos.
- Se lavó la muestra de arcilla en el tamiz N° 200, una vez librado de todo material fino, se secó en el horno durante un período de 2 - 4 horas y se pesó. Se registró esta masa como la masa de material grueso.
- Una vez lavado y secado el material grueso se colocó en los tamices en orden descendente y se pesó lo retenido por cada tamiz.
- El porcentaje de la masa total que pasa por cada tamiz, se determinó la masa que pasa entre la masa total y se multiplica por 100.

$$\% m_T = \frac{m_{tamiz}}{m_{Total}} * 100 \quad (2)$$

Donde; %m_T es el porcentaje de masa total que pasa por cada tamiz, m_{tamiz} masa que queda retenida en cada tamiz, m_{total} es la suma de las masas que quedaron retenidas en cada tamiz y que es la misma que se tomó inicialmente para someterla al proceso de tamizado.

Los resultados del análisis granulométrico se procesaron en gráficos o curvas granulométricas determinando las características granulométricas y la graduación del material.

b) Método de Sedimentación: Se implementó el método de la norma **ASTM D 422** para determinar la distribución de partículas en los materiales finos. Se usó el tamiz No 200, cuyo diámetro de malla es de 0.074 mm para permitir el paso de toda la arcilla, limo y hasta algo de arena fina presente en la muestra. Este método requiere el uso de un hidrómetro de Bouyucos, hexametáfosfato (agente dispersante) para separar partículas de arcilla y limo, así como alcohol amílico (antiespumante) para quitar la espuma que pueda impedir la lectura del hidrómetro.

Procedimiento:

- La muestra de arcilla se secó rigurosamente y se pesó. Se utilizó la arcilla que paso por el tamiz (N° 200) en pesos no mayores de 60 g para no sobrepasar la capacidad del hidrómetro.
- La muestra se colocó en una probeta, añadiéndose a continuación hexametáfosfato de sodio para evitar la formación de grumos por las partículas del material.
- Se añadió un poco de agua, agitándose la mezcla resultante para hacerla homogénea y se dejó en remojo por un mínimo de 18 - 24 horas.
- Se logró la dispersión de las partículas, por medio de un aparato agitador consistente básicamente, en una batidora de jugos. Consta de un motor

eléctrico colocado convenientemente, que hace girar un eje vertical diseñado para este fin.

- Al cabo del período del remojo, la muestra a mover se colocó en un recipiente de la batidora, eliminando cualquier residuo adherido al vaso con un chorro de agua producido por un frasco lavador. Se añadió agua destilada, para que el recipiente se llenara más de la mitad. Se agitó por un período de 1 - 2 minutos.
- Inmediatamente después de terminado el proceso de dispersiones, la muestra se agregó a una probeta de sedimentación con capacidad de 1000 ml, añadiendo agua destilada o desmineralizada hasta completar este volumen. Cubriendo el extremo abierto del cilindro de sedimentación con la palma de la mano, éste se vuelve al derecho y al revés alternadamente 60 veces en un minuto para así lograr la dispersión final. Al cabo del minuto se colocó el cilindro en un lugar apropiado tomándose el tiempo inicial, dando así inicio al ensayo de sedimentación.
- Se tomaron lecturas con el hidrómetro al cabo de 0.5, 1, 2, 5, 15, 30, 60, 120, 360 y 1440 minutos, desde el inicio.
- La lectura del hidrómetro, se hizo introduciendo cuidadosamente en la suspensión el hidrómetro 20 a 25 segundos permitiendo que el instrumento haya alcanzado su estado de equilibrio. La lectura se efectuó en la parte más elevada del menisco formado por la suspensión junto al tallo. Tan pronto finaliza una observación, el hidrómetro se removió cuidadosamente, de tal forma que no se alteró el proceso de sedimentación.
- Después de cada lectura, se midió la temperatura de la suspensión, con precisión de décimas de grado, insertando un termómetro en el cilindro graduado.
- Los datos obtenidos se tabularon para su posterior análisis.

3.- DETERMINACION DE HUMEDAD

Para la determinación de la humedad se aplicó la norma **ASTM D 2216 – 98**, aplicando el siguiente procedimiento:

Procedimiento:

- Se pesó una muestra representativa de suelo en estado húmedo, de unos 50 gr.
- Se secó la muestra a peso constante en un horno a una temperatura de 100 a 110 °C y luego se pesó.
- La diferencia entre el peso de la muestra antes y después de secada al horno representa el peso del agua que contenía la muestra, este peso del agua expresado como porcentaje del peso seco de la muestra proporciona el contenido de humedad.
- El contenido de humedad en la muestra se determinó por la diferencia entre los pesos de las muestras antes y después de sacada del horno.

$$\%H = \frac{(W_H + T) - (W_S + T)}{(W_S + T) - W_T} * 100 \quad (3)$$

Donde; %H, es el porcentaje de humedad que contiene la muestra, W_{H+T} , es el peso de la muestra húmeda más el peso de la tara, W_{S+T} es el peso de la muestra seca después de sacarla del horno, más el peso de la tara y W_T , peso de la tara.

4.- DETERMINACION DE INDICE DE PLASTICIDAD- Límites líquido y Límite plástico.

a) Límite Líquido: Este se determinó usando la norma **ASTM D 4318 – 00**, en la cual se miden los límites de humedad del suelo a partir de los límites de Atterberg que definen la plasticidad, así como la identificación y clasificación del suelo. La determinación de esta propiedad se hizo por el método de Casagrande, el cual proporciona datos de límite de plasticidad y líquido, a continuación se describe el procedimiento normalizado.

Procedimiento:

- Se tomaron 100 g de material arcilloso que pasó por el tamiz N° 40 y se colocaron en una capsula de porcelana, con una espátula se elaboró una mezcla pastosa homogénea y de consistencia suave agregándole una pequeña cantidad de agua durante el mezclado.
- Se colocó un poco de esta mezcla con la espátula en la copa de Casagrande, formando una torta alisada de un espesor de 1 cm en la parte de máxima profundidad.
- El material colocado en la copa de Casagrande se dividió en la parte media en dos porciones, utilizando para ello un ranurador.
- Una vez obtenida la ranura sobre el material se accionó la copa a razón de dos golpes por segundo, contando el numero de golpes necesarios para que la parte inferior del talud de la ranura hecha se cierre precisamente a 1.27cm.
- Cuando se obtuvo un valor consistente del número de golpes comprendido entre 6 y 35, se tomaron aproximadamente 10 g del material de la zona próxima a la ranura cerrada y se determinó el contenido de agua de inmediato.
- Se unen los dos puntos marcados para el intervalo entre 6 y 20 golpes con una recta y se señala el punto medio. Se repite para los dos o tres puntos dentro del intervalo de 25 a 35 golpes.
- Se conectan los dos puntos medios con una línea recta que se llama curva de fluidez. El contenido de humedad indicado por la intercepción de esta línea con la de los 25 golpes es el límite líquido del suelo.

b) Límite Plástico: Para la determinación del límite plástico del suelo, se hace uso el material que ha sobrado de la prueba del límite líquido mezclado con agua.

Procedimiento:

- Se tomaron 1.5 g de la muestra de suelo y se evaporó la humedad por mezclado hasta lograr una mezcla plástica fácilmente moldeable.
- Se formó una pequeña bola y se rodó en una placa de vidrio aplicando la suficiente presión a efecto de formar filamentos.
- Cuando el diámetro del filamento resultante fue de 3.17 mm sin romperse, se juntó la muestra de nuevo en forma de bola y se volvió a rodar.
- Cuando al rodillar la bola se rompa el filamento al diámetro de 3.17mm, se toman los pedacitos, se pesan, se secan al horno, se vuelven a pesar ya secos y se determina la humedad correspondiente al límite plástico.

La carta de plasticidad, desarrollada por Casagrande fue usada para determinar la plasticidad de las arcillas o compacidad en limos, de acuerdo con los valores de límite líquido (LL) se puede clasificar en:

Baja:	$LL < 30$
Media:	$30 < LL < 50$
Alta:	$LL > 50$

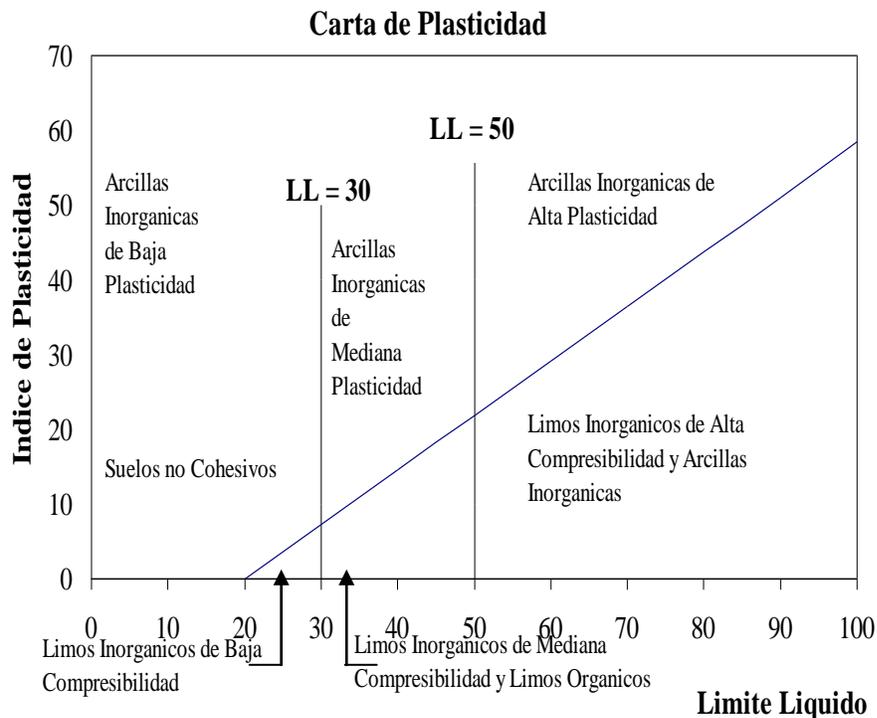


Figura I-1 Carta de plasticidad para la clasificación de los suelos con diámetro menor 0.074mm.

5.- RESISTENCIA A LA PRESIÓN

Esta propiedad fue determinada bajo la **Norma ASTM D 1557 – 00**, determinando la resistencia a la presión de la arcilla, midiendo el desplazamiento negativo provocado por la fuerza ejercida en la compresión uniaxial.

Esta se realiza a través de la prueba Proctor, la cual consiste en compactar una muestra del material (arcilla) a diferentes contenidos de humedad, llamada humedad óptima (Humedad óptima: Cuando los pesos unitarios y las correspondientes humedades para el suelo han sido determinados y dibujados para conformar una curva, el contenido de humedad que corresponda al pico de la curva, se llamará contenido óptimo de humedad del suelo bajo la cual se trabaja la compactación), para eliminar el agua y el aire contenido en los poros.

Relaciones de Humedad – Densidad de los suelos usando un martillo de 2.5kg (5.5-lb.) y altura de caída de 305mm (12-in) (Proctor Estándar).

Procedimiento:

- Para este ensayo se usó una muestra de suelo que pase las mallas de los tamices N°4 - 3/4.
- La muestra se colocó en un molde metálico en tres capas iguales. El diámetro del molde es de 4” y con una altura de 11.64 cm (4.58”).
- Aquí cada una de las capas se compactó con la caída del martillo, que golpea el material 25 veces, desde una altura de 12 pulgadas sobre la muestra.
- El cilindro se removi6 del molde y se pes6.
- Luego, se tom6 una muestra del cilindro y se pes6. Esa muestra se seca hasta eliminar toda la humedad y se pes6 nuevamente de modo que se pueda determinar el contenido de humedad.

Con la informaci6n del contenido de humedad se calcul6 el peso seco del material. El ensayo se repite, generalmente variando el contenido de humedad cada vez y se grafica para determinar el contenido de humedad 6ptimo.

**ANEXO III
TABLAS Y GRAFICAS DE ANÁLISIS DE PARTÍCULA SEGÚN LAS MATERIAS
PRIMAS USADAS POR LOS ARTESANOS**

Arena

Tabla III-1 Granulometría de la arena usada por el artesano Francisco Calero

Especificación de la clase mallas Tyler	Masa retenida (g)	Fracción retenida en Tamiz inferior	Dp (inferior) (mm)	Función de distribución acumulativa
20	0.2000	0.0004	0.8500	1.0000
40	8.7000	0.0177	0.4250	0.9996
60	41.2000	0.0840	0.2500	0.9819
100	189.5000	0.3863	0.1500	0.8979
140	196.2000	0.3999	0.1060	0.5116
200	43.4000	0.0885	0.0750	0.1117
Fondo	11.4000			
Sumatoria	490.6000			

Tabla III-2 Granulometría de la arena usada por el artesano Felipe Gutiérrez

Especificación de la clase mallas Tyler	Masa retenida (g)	Fracción retenida en Tamiz inferior	Dp (inferior) (mm)	Función de distribución acumulativa
20	1.6400	0.0013	0.8500	1.0000
40	30.3000	0.0248	0.4250	0.9987
60	227.6400	0.1863	0.2500	0.9739
100	695.4300	0.5692	0.1500	0.7875
140	227.1100	0.1859	0.1060	0.2184
200	34.0000	0.0278	0.0750	0.0325
Fondo	5.6600			
Sumatoria	1221.7800			

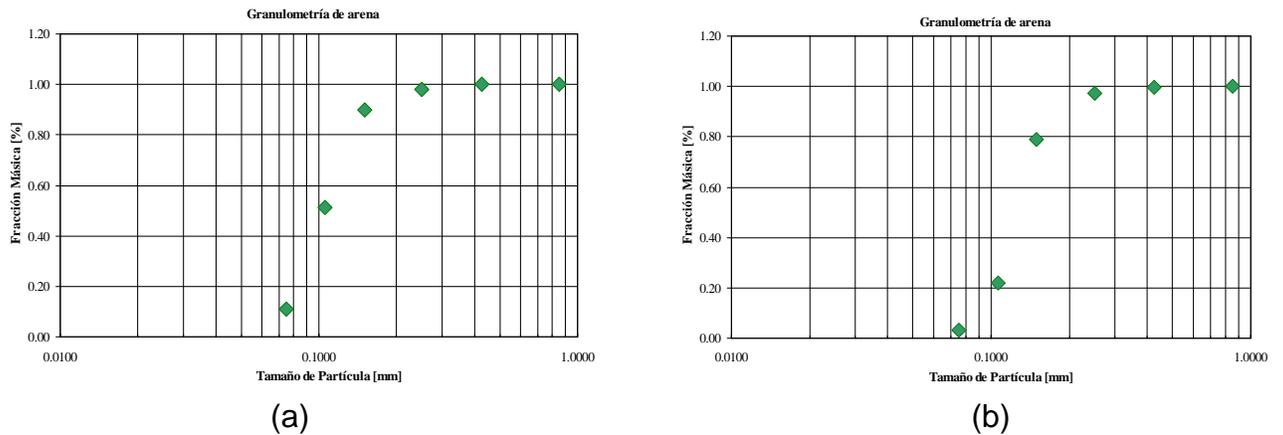


Figura III-1 Granulometría de la arena usada por los artesanos (a) Francisco Calero y (b) Felipe Gutiérrez

Arcilla Pulverizada

Tabla III-3 Granulometría de la arcilla pulverizada usada por el artesano Francisco Calero

Especificación de la clase mallas Tyler	Masa retenida (g)	Fracción retenida en Tamiz inferior	Dp (inferior) (mm)	Función de distribución acumulativa
10	2.2000	0.0030	2.0000	1.0000
20	215.8900	0.2956	0.8500	0.9970
40	205.3000	0.2811	0.4250	0.7014
60	91.8900	0.1258	0.2500	0.4204
100	55.6100	0.0761	0.1500	0.2946
140	31.4900	0.0431	0.1060	0.2184
200	26.2200	0.0359	0.0750	0.1753
Fondo	100.1000			
Sumatoria	728.700			

Tabla III-4 Granulometría de la arcilla pulverizada usada por el artesano Felipe Gutiérrez

Especificación de la clase mallas Tyler	Masa retenida (g)	Fracción retenida en Tamiz inferior	Dp (inferior) (mm)	Función de distribución acumulativa
10	14.5600	0.0455	2.0000	1.0000
20	16.6500	0.0520	0.8500	0.9545
40	70.5200	0.2204	0.4250	0.9025
60	62.2800	0.1946	0.2500	0.6821
100	50.4800	0.1578	0.1500	0.4875
140	32.7500	0.1023	0.1060	0.3297
200	39.6900	0.1240	0.0750	0.2274
Fondo	100.1000			
Sumatoria	387.0300			

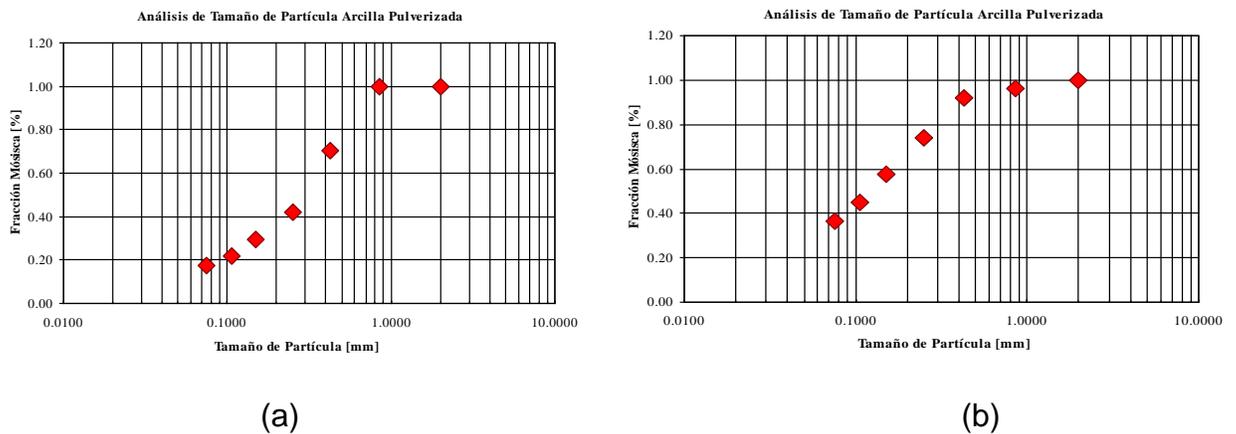


Figura III-2 Granulometría de la arcilla pulverizada usada por los artesanos (a) Francisco Calero y (b) Felipe Gutiérrez

Arcilla Tamizada

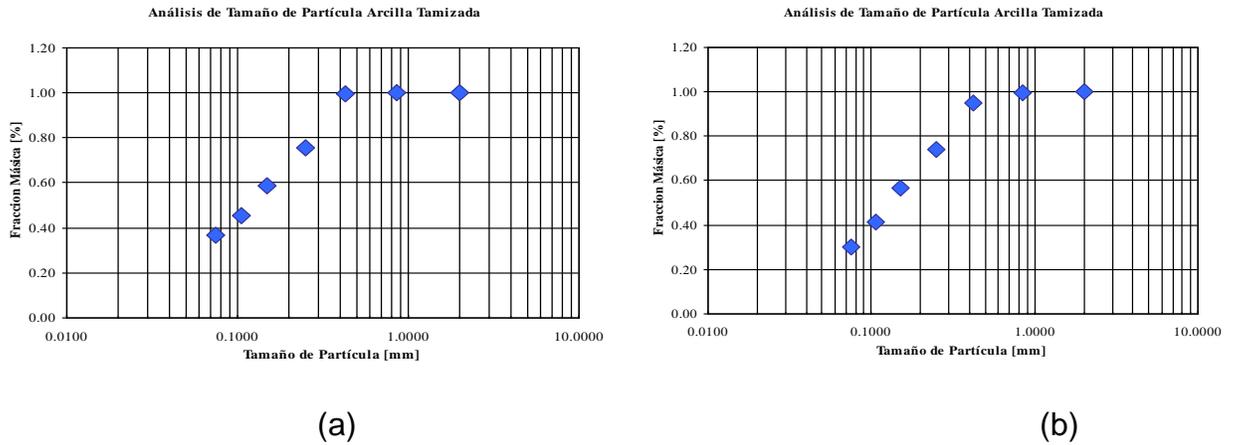
Tabla III-5 Granulometría de la arcilla tamizada usada por el artesano Francisco Calero

Especificación de la clase mallas Tyler	Masa retenida (g)	Fracción retenida en Tamiz inferior	Dp (inferior) (mm)	Función de distribución acumulativa
10	0.0300	0.0001	2.0000	1.0000
20	0.9000	0.0038	0.8500	0.9999
40	57.6300	0.2424	0.4250	0.9961
60	39.3500	0.1655	0.2500	0.7537
100	31.2600	0.1315	0.1500	0.5882
140	20.7100	0.0871	0.1060	0.4567
200	18.0400	0.0759	0.0750	0.3696
Fondo	69.8200			
Sumatoria	237.7400			

Tabla III-6 Granulometría de la arcilla tamizada usada por el artesano Felipe Gutiérrez

Especificación de la clase mallas Tyler	Masa retenida (g)	Fracción retenida en Tamiz inferior	Dp (inferior) (mm)	Función de distribución acumulativa
10	1.8200	0.0057	2.0000	1.0000
20	14.6300	0.0457	0.8500	0.9943
40	65.9500	0.2061	0.4250	0.9486
60	56.1800	0.1756	0.2500	0.7425
100	49.7600	0.1555	0.1500	0.5669
140	34.7200	0.1085	0.1060	0.4114
200	50.0500	0.1564	0.0750	0.3029
Fondo	46.5200			
Sumatoria	319.6300			

Diagnostico Tecnológico del Proceso de Elaboración de Pasta Arcillosa para la Producción de Cerámica Artística en el Municipio de San Juan de Oriente



(a) (b)
Figura III-3 Granulometría de la arcilla tamizada usada por los artesanos (a) Francisco Calero y (b) Felipe Gutiérrez

ANEXO IV METODOLOGÍA DE DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES TECNOLOGICAS DE LA PASTA ARCILLOSA

1.- DETERMINACION DE LA HUMEDAD DE MOLDEO

Esta humedad se calcula indirectamente por la diferencia de pesos entre la masa húmeda de pasta arcillosa después del mezclado y la masa seca de pasta arcillosa después del secado.

$$\% \text{ humidaddemoldeo} = \frac{m_{humeda} - m_{seca}}{m_{seca}} * 100 \quad (3.1)$$

Donde m_{humeda} : masa húmeda de pasta arcillosa después del mezclado; m_{seca} : masa seca de pasta arcillosa después del secado.

2.- DETERMINACION DE INDICE DE PLASTICIDAD- Límites líquido y Límite plástico

Para la determinación de esta propiedad en la pasta, fue utilizado el mismo procedimiento empleado en el material arcilloso, que fue descrito en el Anexo I Numero 4.

3.- CONTRACCIÓN AL SECADO

El procedimiento usado es el siguiente:

Procedimiento:

- Se usaron moldes de madera con dimensiones de 140 * 140 * 40 mm, debidamente marcados, los cuales se pesaron.
- Se aceitaron, y se rellenaron los moldes con cada pasta arcillosa correspondiente y se les hizo presión con ayuda del mazo de madera para asegurar la eliminación de aire presente en la matriz del material.
- Se pesó el molde con la cantidad de pasta arcillosa a secar y se marcaron dos diagonales cuya longitud inicial fue de 10 cm medida con un pie de rey.
- Las muestras se introdujeron en el horno a temperatura ambiente hasta alcanzar los 110 °C, durante 24 horas se mantuvieron a esa temperatura hasta que alcanzaron un peso constante.
- Se colocaron los moldes en el desecador durante 5 horas y luego se procedió a medir la longitud final de la marca con el pie de rey.

$$C_s = \frac{L_i - L_{fs}}{L_i} * 100 \quad (4)$$

Donde: C_s : Contracción al Secado, L_i : Longitud inicial de la muestra y L_{fs} : Longitud final de la marca después del secado.

**ANEXO V
FORMATO DE LA ENCUESTA APLICADA
ENCUESTA**

1. Objetivo de la encuesta

Determinar la oferta y la demanda de pasta arcillosa usada para la producción de cerámica artística en San Juan de Oriente.

2. Datos del encuestado

2.1. Nombre del encuestado: _____

2.2. Nombre del negocio: _____

2.3. Fecha de realización de la encuesta: _____

3. Aspectos a identificar de la encuesta

Preguntas	Respuestas				
3.1 Elabora pasta arcillosa para la producción de piezas. <i>Si la respuesta es SI hacer a las preguntas 3.2 al 3.8, 3.11 y 3.12</i>	<input type="checkbox"/> SI				<input type="checkbox"/> NO
3.2 ¿Hace uso de la pasta arcillosa que produce?	<input type="checkbox"/> SI		<input type="checkbox"/> NO		
	Libras	Sacos	Baldes	Otros	
3.3 ¿Qué cantidad de arcilla acopia usted?					
3.4 ¿A qué precio adquiere la arcilla?					
3.5 ¿Cuánta arcilla utiliza para producir la pasta arcillosa?					
3.6 ¿Cada cuanto elabora la pasta arcillosa?					
3.7 ¿Qué cantidad de pasta arcillosa vende?					
3.8 ¿A que precio vende la pasta arcillosa?					
3.9 ¿Cada cuanto compra la pasta arcillosa?					
3.10 ¿Qué cantidad de pasta compra?					
3.11 ¿A qué precio compra la pasta arcillosa?					
3.12 ¿Estaría dispuesto a comprar pasta arcillosa de un centro de acopio?	<input type="checkbox"/> SI		<input type="checkbox"/> NO		
3.13 ¿Estaría dispuesta a participar como socio de un centro de acopio para producir	<input type="checkbox"/> SI		<input type="checkbox"/> NO		

4. Observaciones:

Figura V-1 Formato de la Encuesta utilizada

**ANEXO VI
DATOS DE SENSIBILIDAD AL SECADO**

Tabla VI-1 Contracción al Secado de las pasta a utilizar

YACIMIENTO	PESO HÚMEDO (g)	PESO SECO (g)	H PERDIDA (g)	H PERDIDA (%)	CONTRACCIÓN DIAGONAL (10 cm)	CONTRACCIÓN VERTICAL (14 cm)	CONTRACCION HORIZONTAL (14 cm)
A	654.6	484.6	170.0	25.9	9.0	9.1	9.2
B	658.2	487.0	171.2	25.9	8.75	9.2	9.1
C	652.4	479.1	173.3	26.4	9.05	9.2	9.2
D	669.0	492.0	177.0	26.5	8.95	9.2	9.2

**ANEXO VII
ANÁLISIS DE PRECIO**

Tabla VII-1 Análisis de precio de las materias primas

AÑO	PASTA ARCILLO SA (Kg)	COSTO ARILLA (C\$)	COSTO ARENA (C\$)	COSTO AGUA (C\$)	TOTAL GASTOS (C\$)	C\$/amasa da	GANANC IA (C\$)
2007	477,627.69	81,808.91	15,755.79	25,230.47	122,795.17	417,924.23	295,129.05
2008	496,207.40	84,991.28	16,368.69	26,211.94	127,571.91	434,181.48	306,609.57
2009	515,509.87	88,297.44	17,005.43	27,231.58	132,534.45	451,071.14	318,536.68
2010	535,563.21	91,732.21	17,666.94	28,290.89	137,690.04	468,617.81	330,927.76
2011	556,396.62	95,300.59	18,354.19	29,391.41	143,046.19	486,847.04	343,800.85
2012	578,040.44	99,007.78	19,068.17	30,534.73	148,610.68	505,785.39	357,174.70

INDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Página
AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	iii
RESUMEN	iv
INDICE DE CONTENIDOS	vi
INDICE DE TABLAS	xii
INDICE DE FIGURAS	xiv
CAPITULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II	3
2. OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GENERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
CAPITULO III	4
3. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 CARACTERISTICAS Y COMPOSICION DE LA MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACION DE PASTA ARCILLOSA PARA CERAMICA ARTISTICA.	4
3.1.1 <i>Arcilla</i>	4
3.2 CARACTERIZACION DE LA PASTA ARCILLOSA PARA LA PRODUCCION DE CERAMICA ARTISTICA.	12
3.2.1 <i>Pasta Arcillosa</i>	12
3.3 DESCRIPCION DE LAS ETAPAS DE ELABORACION DE PASTA ARCILLOSA PARA LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE CERÁMICA ARTÍSTICA.	14
3.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA PRODUCCIÓN DE PASTA ARCILLOSA.	15
3.4.1 <i>Criterios para selección de equipos.</i>	15
3.4.2 <i>Equipos para la elaboración de pasta arcillosa</i>	17
3.5 DIAGNÓSTICO TECNOLÓGICO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.	18
3.5.1 <i>Sistema de producción de pasta arcillosa a nivel semi-industrial</i>	18
3.5.2 <i>Formulación de Balances de materia del proceso de elaboración de pasta arcillosa.</i>	18
3.5.3 <i>Formato de tablas usadas para el balance de materia</i>	19
CAPITULO IV	20

4. METODOLOGÍA	20
4.1 DIAGNOSTICO TECNOLÓGICO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA PASTA ARCILLOSA PARA LA PRODUCCIÓN DE CERAMICA ARTISTICA.	20
4.1.1 <i>Guía Metodológica para realizar el Diagnóstico Técnico</i>	20
4.2 CARACTERIZACION TECNOLOGICA DE LOS BANCOS DE MATERIALES ARCILLOSOS (MATERIA PRIMA) USADOS PARA LA ELABORACION DE PASTA ARCILLOSA	23
4.2.1 <i>Descripción general de los bancos de materiales arcillosos.</i>	23
4.2.2 <i>Pruebas, ensayos y procedimientos de laboratorio para la determinación de las propiedades físicas, mecánicas y tecnológicas de los bancos de materiales arcillosos.</i>	23
4.3 CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LA PASTA ARCILLOSA.	25
4.3.1 <i>Formulación de la pasta arcillosa - Proporciones de arcilla, arena y agua</i>	25
4.3.2 <i>Pruebas, ensayos y procedimientos de laboratorio para la Determinación de las propiedades físicas, mecánicas y tecnológicas de la Pasta Arcillosa.</i>	26
4.4 PROCESO PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LA OFERTA, DEMANDA Y DEMANDA POTENCIAL INSATISFECHA DE PASTA ARCILLOSA.	26
4.4.1 <i>Diseño Estadístico y Aplicación de Instrumentos</i>	26
4.4.2 <i>Cuantificación de la Demanda y Oferta Actual</i>	27
4.4.3 <i>Proyecciones de la Oferta y Demanda Futura de Pasta arcillosa</i>	28
4.4.4 <i>Determinación de la Demanda Potencial Insatisfecha</i>	28
4.5 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPOS Y ACCESORIOS PARA LA PRODUCCION DE PASTA ARCILLOSA.	29
CAPITULO V	31
5. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	31
5.1 CARACTERISTICAS DE LOS BANCOS DE MATERIALES PARA LA ELABORACION DE PASTA ARCILLOSA PARA LA PRODUCCIÓN DE CERAMICA ARTISTICA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE ORIENTE, DEPARTAMENTO DE MASAYA.	31
5.1.1 <i>Descripción y ubicación geográfica de los Bancos de Materiales Arcillosos</i>	32
5.1.2 <i>Propiedades de los Bancos de Materiales Arcillosos</i>	34
5.2 ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS PARA LOS BANCOS DE MATERIALES ANALIZADOS	38
5.2.1 <i>Propiedades Físicas</i>	38
5.2.2 <i>Propiedades Tecnológicas</i>	40
5.2.3 <i>Propiedades Mecánicas</i>	41
5.3 CARACTERIZACION DE LA PASTA ARCILLOSA ELABORADA PARA LA PRODUCCION DE CERAMICA ARTISTICA EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE ORIENTE.	43
5.3.1 <i>Descripción de los procesos de elaboración de la pasta arcillosa para la producción de cerámica artística en el municipio de San Juan de Oriente.</i>	43
5.4 CARACTERÍSTICAS DE LA ARCILLA Y LA ARENA USADA POR LOS ARTESANOS PARA ELABORAR PASTA ARCILLOSA	44
5.4.1 <i>Clasificación del tamaño de partícula de la Arena</i>	44
5.4.2 <i>Clasificación del tamaño de partícula de la Arcilla Pulverizada</i>	44

5.4.3	<i>Clasificación del tamaño de partícula de la Arcilla Tamizada</i>	45
5.5	CARACTERÍSTICAS DE LA PASTA ARCILLOSA PARA LA PRODUCCIÓN DE CERÁMICA ARTÍSTICA EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE ORIENTE	45
5.5.1	<i>Pasta Arcillosa</i>	45
5.5.2	<i>Porcentaje de componentes de la Arcilla utilizada para elaborar la Pasta Arcillosa</i>	46
5.5.3	<i>Características Finales de la Pasta Arcillosa.</i>	46
5.5.4	<i>Propiedades Tecnológicas de las Pastas Elaboradas</i>	46
5.6	INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE ARCILLA EN LAS PROPIEDADES DE LOS BANCOS DE MATERIALES Y EN LAS CARACTERÍSTICAS FINALES DE LA PASTA ARCILLOSA.	51
5.7	DIAGNÓSTICO TÉCNICO DE PRODUCCIÓN PARA EL SECTOR SEMI-INDUSTRIAL DE LA CERÁMICA ARTÍSTICA EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE ORIENTE DEPARTAMENTO DE MASAYA	52
5.7.1	<i>Descripción del proceso</i>	52
5.7.2	<i>Operaciones de control de calidad identificadas en el proceso</i>	54
5.7.3	<i>Entrada de materiales</i>	55
5.7.4	<i>Salida de materiales</i>	55
5.7.5	<i>Descripción de maquinarias y equipos</i>	55
5.7.6	<i>Descripción de los servicios internos y externos que se usan en la planta</i>	56
5.7.7	<i>Planos de las instalaciones</i>	57
5.7.8	<i>Lista de compras de materia prima</i>	59
5.7.9	<i>Lista de compras de productos químicos y de otros insumos en general</i>	60
5.7.10	<i>Detalle de los servicios públicos</i>	60
5.7.11	<i>Información referente al control de calidad en los materiales</i>	62
5.7.12	<i>Calendario de la empresa</i>	62
5.7.13	<i>Recurso humano de la empresa/taller/planta</i>	62
5.7.14	<i>Evaluación de los aspectos ambientales de la producción</i>	63
5.8	BALANCES DE MATERIALES DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PASTA ARCILLOSA PARA LA PRODUCCIÓN DE CERÁMICA ARTÍSTICA EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE ORIENTE	63
5.8.1	<i>Balance de Materia del Proceso de Secado Solar y limpieza del material arcilloso</i>	63
5.8.2	<i>Balance de materia del proceso de Pulverización del material arcilloso</i>	64
5.8.3	<i>Balance de materia del proceso de Tamizado de la Arena</i>	65
5.8.4	<i>Balance de materia del proceso de Mezclado arcilla, arena y agua</i>	65
5.8.5	<i>Balance de materia del proceso de fermentación</i>	66
5.9	ANÁLISIS DE OFERTA, DEMANDA Y DEMANDA POTENCIAL INSATISFECHA ACTUAL Y FUTURA, DE PASTA ARCILLOSA ELABORADA PARA LA PRODUCCIÓN DE CERÁMICA ARTÍSTICA EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE ORIENTE.	66
5.9.1	<i>Análisis de la Oferta</i>	67
5.9.2	<i>Análisis de la Demanda</i>	67
5.9.3	<i>Análisis de la Demanda Potencial Insatisfecha</i>	68
5.9.4	<i>Resultados de la Encuesta</i>	68
5.9.5	<i>Volumen de Producción de Pasta Arcillosa</i>	76

5.10	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS Y SU CORRESPONDENCIA CON LOS PARÁMETROS ÓPTIMOS DE PRODUCCIÓN	77
5.10.1	<i>Influencia del contenido de Arcilla en la Plasticidad</i>	77
5.10.2	<i>Influencia del contenido de Arcilla en la Humedad de Moldeo</i>	78
5.10.3	<i>Influencia del contenido de Arcilla en la Sensibilidad al Secado</i>	79
5.10.4	<i>Influencia del Contenido de No Plásticos en el Índice de Plasticidad</i>	79
5.10.5	<i>Influencia del Contenido de No Plásticos en la Humedad de Moldeo</i>	80
5.10.6	<i>Influencia del Contenido de No Plásticos en la Sensibilidad al Secado</i>	81
5.11	PROPUESTA TECNOLÓGICA Y ORGANIZACIÓN PARA EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PASTA ARCILLOSA.	83
5.11.1	<i>Proceso tecnológico Propuesto para la Elaboración de Pasta Arcillosa</i>	83
5.11.2	<i>Selección de equipos</i>	85
5.11.3	<i>Distribución de Planta del Proceso</i>	87
CAPITULO VI		88
6.	CONCLUSIONES	88
CAPITULO VII		89
7.	RECOMENDACIONES	89
CAPITULO VIII		90
8.	NOMENCLATURA	90
CAPITULO IX		92
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
10.	ANEXOS	94
	ANEXO I	95
	FORMATO DE TABLAS UTILIZADAS EN EL DIAGNÓSTICO TÉCNICO	95
	ANEXO II	96
	METODOLOGÍA DE DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, TECNOLÓGICAS Y MECÁNICAS DE LOS MATERIALES ARCILLOSOS	96
	ANEXO III	102
	TABLAS Y GRÁFICAS DE ANÁLISIS DE PARTÍCULA SEGÚN LAS MATERIAS PRIMAS USADAS POR LOS ARTESANOS	102
	ANEXO IV	107
	METODOLOGÍA DE DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA PASTA ARCILLOSA	107
	ANEXO V	108
	FORMATO DE LA ENCUESTA APLICADA	108
	ANEXO VI	109
	DATOS DE SENSIBILIDAD AL SECADO	109

ANEXO VII
ANALISIS DE PRECIO

110
110