



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE
CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI”**



Tesis de grado previa a
la obtención del título
de Ingeniera Química.

AUTORAS

Melva Elizabeth Masache Escobar

Gabriela Elizabeth Armijos Herrera

DIRECTOR

Ing. Juan Elicio Figueroa Ruíz

LOJA – ECUADOR

2009



CESIÓN DE DERECHOS

Nosotras, Melva Elizabeth Masache Escobar y Gabriela Elizabeth Armijos Herrera declaramos ser autoras del presente trabajo y eximimos expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaramos conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

Melva Elizabeth Masache Escobar

Gabriela Elizabeth Armijos Herrera



CERTIFICACIÓN

Ing.

Juan Figueroa.

DOCENTE DE LA U.T.P.L.

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de tesis de grado **“ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI.”** elaborado por Melva Elizabeth Masache Escobar y Gabriela Elizabeth Armijos Herrera, ha sido revisado en cada una de las etapas de investigación por lo tanto autorizo su presentación.

Ing. Juan Figueroa

DIRECTOR DE TESIS

Loja, Marzo del 2009



AUTORÍA

Las ideas y resultados vertidos en el presente trabajo de investigación son de responsabilidad absoluta de las autoras.

Melva Elizabeth Masache Escobar

Gabriela Elizabeth Armijos Herrera



DEDICATORIA

Padre Dios, gracias por darme la sabiduría, el valor de cumplir una más de mis metas y por haberme brindado tanto amor en mi vida, a ti te debo todo lo que soy y para ti, Señor, todo este esfuerzo. A ti Virgen María, porque tú luz divina, has sido la inspiración para fortalecer mi vida, gracias Madre por interceder a todas mis plegarias.

A mi hijo Luis Felipe, por ser la razón de mí existir, porque al ser el pilar de mi alegría quiero continuar con mi camino, porque te amé sin conocerte, por el simple hecho de llevarte en mi vientre y saber que existías me lleno de gozo; y ahora que estás conmigo, quiero compartir esta alegría contigo hijo mío.

Dios me bendijo con la dicha de tener a mis padres Benito y Melva, porque con amor me guiaron en cada etapa de mi vida enseñándome que con humildad, valor y dignidad llegaría a convertirme en un gran ser humano...Gracias papacitos por su confianza y apoyo incondicional y compartir conmigo mis tristezas y alegrías.

A mi esposo, Luis Wagner, por el amor y la felicidad que me entregas día a día que con el paso del tiempo me ha enseñado a madurar y a valorar lo importante y necesario que es amar.

A mis hermanos: Byron, que desde el cielo me cuida y me protege; gracias por ser el ángel que iluminas y alegras mi vida. A ti Alex por tu ayuda y a Rolando por ser un hombre ejemplar. Gracias hermanos por tantos momentos compartidos...

A mi familia porque gracias a sus palabras de aliento y confianza afianzaban el anhelo de alcanzar este logro en mi vida.

A mi compañera de tesis porque con paciencia y empeño caminamos juntas para culminar con este arduo trabajo y llegar hasta estas instancias de nuestras vidas.

Con cariño....

Melva Elizabeth Masache Escobar



Mi eterno amor a Dios y a María Inmaculada por ser mi inspiración, fortaleza y compañía a cada instante, porque al conocer la tristeza aprendo de ustedes a valorar la risa y cuando siento miedo me protegen con su amor.

A ti hermosa Madre: Lcda. Mayori Herrera, porque eres una mujer íntegra y por ser mi ángel protector desde el instante en que me concebiste. Porque con tu amor y tu trabajo abnegado has sido siempre un apoyo incondicional para plasmar con éxito mis ideales aun cuando me parecían inalcanzables.

A ustedes hermanos: Numan, Fabiana, Luis Efrén y David, porque al estar solos en algunas etapas de nuestras vidas, nos hicimos más fuertes fortaleciendo nuestros lazos de afecto, para recorrer con entusiasmo este arduo camino lleno de metas por cumplir, para ser hoy el pilar, orgullo y regocijo de nuestra madre, a quien amamos tanto.

A ustedes tíos: Lcda. María Esther Herrera y Arq. Manolo Herrera por ser un ejemplo para mí, porque como unos verdaderos padres me cuidaron desde mi infancia y me enseñaron a valorar lo que soy y lo que tengo para convertirme en una excelente profesional y en un buen ser humano.

A ti Doménica, mi sobrina preciosa, porque al contemplar tu rostro todas las mañanas, con tu sonrisa iluminas mi día y todas las cosas que con esfuerzo realizo.

A las hermanas de la Comunidad Siervas de Jesús: Sor Eddy Velásquez, Sor Carmelina Chuli, Sor Cristina Carrión y Sor María Delia Castillo, porque han sido un valioso estímulo espiritual, moral y afectivo en cada espacio de mi vida. Gracias por ser cómplices de cada uno de los sueños que juntas hemos hecho realidad para el prójimo, sin ustedes nada de esto hubiera sido posible.

Finalmente quiero dedicar este trabajo a mis grandes e inolvidables amigos: Samantha, Sandra Lucía, Melva, Nancy, Norita, Diego y Hugo porque al estar a mi lado me han llenado de fortaleza y confianza y han sido partícipes de la realización de mis proyectos.

Con infinito amor

Gabriela Elizabeth Armijos Herrera



AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a Dios y a nuestros padres por ser el pilar fundamental para poder alcanzar con éxito nuestras metas, y hoy llegada nuestra madurez hemos hecho realidad una más de ellas; por todo el amor que nos han brindado para fortalecernos en los momentos difíciles y para regocijarnos en los felices, por ser también un valioso apoyo económico para culminar nuestra etapa de estudios.

Un reconocimiento a nuestra Universidad, en cuyas aulas nos hemos formado moral, ética, académica y espiritualmente. A la escuela de Ingeniería Química quien a través del Dr. Tomás Zaragoza y actualmente a cargo de Omar Malagón Ph.D, por toda la atención prestada a cada una de nuestras necesidades a largo de nuestra carrera.

A nuestros maestros gratitud por toda la paciencia, empeño y constancia para impartir sobre nosotros sus conocimientos.

Un especial agradecimiento a todos nuestros compañeros de clase, por haber compartido juntos momentos de duras pruebas y por compartir con nosotras agradables momentos.

A todos los Directivos de CERART, de manera especial a su Gerente General Econ. Diego Lara, por brindarnos los medios necesarios para llevar a cabo nuestro proyecto de fin de carrera en este CITTES. Así mismo nuestro agradecimiento al Jefe de producción el Sr. Jaime Sigüenza por toda su colaboración y ayuda.

De igual manera, a nuestro Director de Tesis el Ing. Juan Figueroa por la orientación facilitada a lo largo del desarrollo de nuestro proyecto.

Nuestro sincero agradecimiento los Ingenieros: Gabriel Jumbo, Diana Guaya y Paola Ordóñez por toda la predisposición y ayuda para despejar todas nuestras inquietudes a lo largo de la consecución del presente trabajo.

Finalmente nuestro reconocimiento y cariño muy especial a todo el personal de cada una de las áreas de producción de la planta de cerámica de CERART, por la disponibilidad para cumplir los requerimientos necesarios para alcanzar los objetivos propuestos al inicio de nuestro proyecto de fin de carrera.

**CONTENIDO GENERAL**

CONTENIDO	Página
Cesión de derechos	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Contenido general	vii
Resumen	Xiii
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	
1.1. Fin del proyecto	16
1.2. Propósito del proyecto	16
1.3. Componentes del proyecto	16
2. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	
2.1. Introducción	18
2.2. Justificación	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. Estudio de la herramienta AMFE	21
3.1.1. Objetivos y propósito	22
3.2. Aprobación y apoyo de la gerencia	23
3.3. Crear y formar el equipo AMFE	23
3.4. Identificar el tipo de AMFE de producto / proceso	23
3.5. Generar el AMFE	24
3.5.1. Recopilación de la información	25
3.5.2. Estudio del proceso productivo	25



3.5.3.	Registros de control	25
3.5.4.	Identificación del modo de fallo	25
3.5.5.	Identificación del efecto de fallo	25
3.5.6.	Identificación de la causa del modo fallo	26
3.5.6.1.	Diagrama de Ishikawa	26
3.5.6.1.1.	Identificación del problema	26
3.5.6.1.2.	Identificación de las categorías principales	26
3.5.6.1.3.	Identificación de las causas principales	26
3.5.6.1.4.	Identificación de las subcausas	27
3.5.6.1.5.	Analizar y discutir el diagrama	27
3.5.7.	Estimación del NPR	27
3.5.7.1.	Probabilidad de ocurrencia	28
3.5.7.2.	Gravedad de fallo	28
3.5.7.3.	Probabilidad de no detección	28
3.5.7.4.	Cálculo del NPR	29
3.5.8.	Proponer acciones de mejora	29
3.5.8.1.	Capacitación para aplicar acciones de mejora	29
3.5.9.	Revisar el AMFE	29
4.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	
4.1	Estudio de la herramienta	32
4.2	Aprobación y apoyo de la gerencia	32
4.2.1.	Objetivos y propósitos	32
4.3	Crear y formar el equipo AMFE	32
4.4	Identificar el tipo de AMFE de producto / proceso	32
4.5	Generar el AMFE	32
4.5.1	Recopilación de la información	33
4.5.2	Estudio del proceso productivo	33
4.5.3	Registros de control	34
4.5.4	Identificación el modo de fallo potencial	34
4.5.5	Identificación el efecto de fallo potencial	34
4.5.6	Identificación de la causa de modo de fallo potencial	34



4.5.6.1	Diagrama de Ishikawa	34
4.5.7	Estimación del NPR.	35
4.5.7.1	Probabilidad de ocurrencia	35
4.5.7.2	Gravedad de fallo	35
4.5.7.3	Probabilidad de no detección	36
4.5.7.4	Cálculo del NPR	36
4.5.8	Proponer acciones de mejora	36
4.5.8.1	Análisis de las acciones correctoras	36
4.5.8.2	Capacitación para aplicar acciones de mejora	46
4.5.9	Revisar el AMFE	47
5.	CONCLUSIONES	116
6.	RECOMENDACIONES	125
7.	ANEXOS	127

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1.	Metodología de trabajo experimental	21
Diagrama 2.	Generación del AMFE	24
Diagrama 3.	Diagrama Causa – Efecto	27

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Criterios de valoración para la probabilidad de ocurrencia	28
Tabla 2.	Criterios de valoración para la gravedad de fallo	28
Tabla 3.	Criterios de valoración para la probabilidad de no detección	29
Tabla 4.	Clasificación de criterios según la probabilidad de ocurrencia (O) de CERART	35
Tabla 5.	Clasificación de criterios según la gravedad de fallo (S) de CERART	35
Tabla 6.	Clasificación de criterios según la probabilidad de no detección (D) de CERART	36

**LISTA DE FOTOS**

Foto 1.	Realización de la capacitación al personal de CERART	46
---------	--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama de Ishikawa de la preparación y molienda de materia prima	48
Figura 2.	Diagrama de Ishikawa del filtroprensado de la pasta	52
Figura 3.	Diagrama de Ishikawa de la preparación de la barbotina de colado	54
Figura 4.	Diagrama de Ishikawa de la extrusión de tortas	56
Figura 5.	Diagrama de Ishikawa de la formación de piezas en roller	58
Figura 6.	Diagrama de Ishikawa de la formación de piezas por colado normal y a presión	60
Figura 7.	Diagrama de Ishikawa del secado de piezas	63
Figura 8.	Diagrama de Ishikawa de recorte y pulido de piezas	65
Figura 9.	Diagrama de Ishikawa de la quema de bizcocho	67
Figura 10.	Diagrama de Ishikawa de la preparación de colores bajo esmalte	70
Figura 11.	Diagrama de Ishikawa de la decoración con bajo esmalte	72
Figura 12.	Diagrama de Ishikawa de la molienda y preparación de esmalte	74
Figura 13.	Diagrama de Ishikawa de la esmaltación de piezas	76
Figura 14.	Diagrama de Ishikawa de la quema de vidrio	78
Figura 15.	Diagrama de Ishikawa de la decoración y quema de calcomanía	83
Figura 16.	Diagrama de Ishikawa de la decoración y quema de lustre	85

**LISTA DE CUADROS**

Cuadro 1.	Formato AMFE de la preparación y molienda de materias primas	87
Cuadro 2.	Formato AMFE del filtroprensado de la pasta	89
Cuadro 3.	Formato AMFE de la preparación de la barbotina de colado	90
Cuadro 4.	Formato AMFE de la extrusión de tortas	91
Cuadro 5.	Formato AMFE de la formación de piezas en roller	92
Cuadro 6.	Formato AMFE de la formación de piezas por colado normal y a presión	93
Cuadro 7.	Formato AMFE del secado de piezas	94
Cuadro 8.	Formato AMFE del recorte y pulido de piezas	95
Cuadro 9.	Formato AMFE de la quema de bizcocho	96
Cuadro 10.	Formato AMFE de la preparación de bajo esmalte	97
Cuadro 11.	Formato AMFE de la decoración con bajo esmalte	98
Cuadro 12.	Formato AMFE de la molienda y preparación de esmalte	99
Cuadro 13.	Formato AMFE de la esmaltación de piezas	100
Cuadro 14.	Formato AMFE de la quema de vidrio	101
Cuadro 15.	Formato AMFE de la decoración y quema de calcomanía	108
Cuadro 16.	Formato AMFE de la decoración y quema de lustre	109
Cuadro 17.	Revisión del AMFE	110
Cuadro 18.	Comparación de NPR_1 y NPR_2 en la preparación y molienda de materias primas	117
Cuadro 19.	Comparación de NPR_1 y NPR_2 en el filtroprensado de la pasta	117
Cuadro 20.	Comparación de NPR_1 y NPR_2 en la preparación de barbotina de colada.	118
Cuadro 21.	Comparación de NPR_1 y NPR_2 en la extrusión de tortas	119
Cuadro 22.	Comparación de NPR_1 y NPR_2 en la formación de piezas en roller	119



Cuadro 23.	Comparación de NPR ₁ y NPR ₂ en el colado normal y a presión	120
Cuadro 24.	Comparación de NPR ₁ y NPR ₂ en el secado de piezas	120
Cuadro 25.	Comparación de NPR ₁ y NPR ₂ en el recorte y pulido	121
Cuadro 26.	Comparación de NPR ₁ y NPR ₂ en la quema de bizcocho	121
Cuadro 27.	Comparación de NPR ₁ y NPR ₂ en la preparación de colores bajo esmalte	122
Cuadro 28.	Comparación de NPR ₁ y NPR ₂ en la decoración con bajo esmalte	122
Cuadro 29.	Comparación de NPR ₁ y NPR ₂ en la molienda y preparación de esmalte	123
Cuadro 30.	Comparación de NPR ₁ y NPR ₂ en la esmaltación de piezas	123

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.	Diapositivas para la aprobación y apoyo de la gerencia	128
Anexo 2.	Especificaciones para las materias primas de CERART	132
Anexo 3.	Rangos de análisis en el laboratorio de CERART	134
Anexo 4.	Especificaciones de las fritas de CERART	135
Anexo 5.	Registros de control de CERART (14 de Marzo al 14 de Abril del 2008)	136
Anexo 6.	Diapositivas de la capacitación al personal de CERART	147
Anexo 7.	Informe de los resultados de la capacitación al personal de CERART	151
Anexo 8.	Registros de control de CERART (20 de Enero al 20 de Febrero del 2009)	154
Anexo 9.	Glosario técnico	169

**RESUMEN****“ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN CERART EN LA LÍNEA YAPACUNCHI”**

“Melva E. Masache; Gabriela E. Armijos; Juan E. Figueroa”

Universidad Técnica Particular de Loja

Escuela de Ingeniería Química

memasachex@utpl.edu.ec; gearmijosx@utpl.edu.ec; jfigueroa@utpl.edu.ec

Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) es una herramienta dirigida a lograr el Aseguramiento de la Calidad, la cual mediante un análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto de un producto como de un proceso en cualquier ámbito de una industria, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calcula el Número de Prioridad de Riesgo (NPR), para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo.

El presente proyecto pretendió reducir en lo posible el número de fallos y efectos en las piezas ofreciendo como solución un análisis completo y sistemático de todos los procesos y productos de CERART, se identificó los puntos de fallo potenciales, y se elaboró planes de acción para combatir los riesgos laborales, con lo cual se procedió a generar en si el AMFE, detallado en un formato o documento en el cual se recabó toda la información necesaria.

Se dió inicio a este trabajo, haciendo un estudio minucioso y completo de esta herramienta. Se conformó el equipo AMFE, el cual estuvo formado por los líderes de cada etapa del proceso, seguidamente se estableció el tipo de AMFE a utilizar, en este caso se trabajo con el AMFE de proceso para ser implantado sobre la línea de producción Yapacunchi.

Se usó el Sistema de Gestión de Calidad (SGC) de CERART, en éste encontramos: Manual de Proceso, Manual de Instrucciones de Trabajo, Manual de Control de Calidad, Registros de Control, Registros de Laboratorio, entre otros; siendo muy necesarios para conocer detalladamente sobre cada uno de los subprocesos, instrucciones, variables de inspección, registros de control, etc. del proceso de producción Yapacunchi.



Se usó los registros de laboratorio y control de todas las áreas de la línea Yapacunchi, que fueron entregados a cada uno de los líderes, quienes durante 1 mes se encargaron de llenar dichos registros con la información requerida (Ver anexo 5). Estos registros ayudaron a evidenciar cuales fueron las variables de inspección que no cumplían con los rangos establecidos para cada etapa del proceso, lo cual fue indicio muy necesario para poder determinar lo que se detalla a continuación:

Identificación del modo, efecto y causa de fallo. Se elaboró Diagramas de Ishikawa para cada etapa del proceso, con la finalidad de poder determinar las causas y efectos (Ver figuras del 1 -16).

Para poder estimar el NPR, se elaboró criterios de evaluación con una calificación del 1 al 10 para la probabilidad de ocurrencia (O), la gravedad (S), la probabilidad de no detección (D); y con esto se dio un valor lógico a cada modo, causa y efecto de fallo identificado, calculando así, el Número de Prioridad de Riesgo ($NPR = S * O * D$).

Para los valores obtenidos que sobrepasen el límite $NPR > 100$ se propone acciones correctoras y para los que se encuentren debajo de 100 se formulan acciones preventivas. Posteriormente se implantó dichas acciones mediante una capacitación al personal que labora en CERART indicándose hasta ese entonces los valores obtenidos y explicando lo que se quería corregir y prevenir para obtener mejores resultados y de esta manera disminuir los valores de NPR que se encontraban fuera del límite.

Luego de esto, nuevamente con la colaboración de los operarios de cada una de las etapas del proceso Yapacunchi, y en coordinación con los líderes de área que formaban parte del equipo AMFE se procedió a tomar las acciones y aplicarlas. Se revisó y evaluó el AMFE llenando nuevamente los registros de control (Ver anexo 8) y estimar nuevamente el NPR.

Finalmente comparamos los nuevos valores de NPR con los calculados en un inicio y se obtuvo una disminución casi total de este de los valores, para cada uno de los modos, efectos y causas de fallo en cada etapa del proceso de producción.





1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1. Fin del proyecto

Contribuir al aumento de la eficiencia en los procesos/productos de CERART de la línea Yapacunchi.

1.2. Propósito del proyecto

El presente proyecto pretende reducir en lo posible el número de fallos y efectos en el proceso productivo de la línea Yapacunchi de CERART, identificando los puntos de fallo potenciales, y elaborando planes de acción para evitarlos, de esta manera procederemos a generar en si el AMFE, que requiere el uso de un formato en el cual se va a detallar y recabar toda la información necesaria.

1.3. Componentes del proyecto

- Dominio completo de la herramienta (AMFE).
- Conocimiento e identificación detallada de cada una de las etapas del proceso productivo de la línea Yapacunchi.
- Reducción de los fallos y efectos del proceso de producción de la línea Yapacunchi de CERART, podrá evidenciarse al obtener un Índice de Prioridad de Riesgo < 100 , logrando un aumento en la eficiencia de la producción.
- Impulsar la filosofía de prevención en la planta de cerámica CERART mediante controles actuales y reuniones semanales con los miembros del equipo AMFE.



CAPITULO DOS

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES



2. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

2.1. Introducción

El AMFE ó Análisis Modal de Fallos y Efectos es un método dirigido a lograr el Aseguramiento de la Calidad, que mediante el análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto de un producto como de un proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calculará el Número de Prioridad de Riesgo (NPR), para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo.¹

La planta de cerámica artística CERART, tipo manufacturero que mantiene dos líneas de producción Yapacunchi (pasta blanca) y Ñukanchik (pasta roja) desarrolla piezas cerámicas que demuestran belleza, elegancia, y destreza artística, dado que son piezas pintadas, y esgrafiadas a mano.²

La planta en el desempeño de sus procesos tiene como indicador de la calidad la eficiencia de las piezas en bizcocho (pieza cerámica cocida sin esmalte) y de producto terminado, categorizando a las piezas como tipo A (100% calidad), B (defectos no significativos) y en algunos casos C (defectos severos).

La metodología AMFE permite identificar las variables significativas del proceso de producción de la línea Yapacunchi, e identifica las causas más significativas que no permiten que se llegue a una mayor eficiencia; para lo cual luego de su análisis se determina y se establecen acciones correctoras necesarias para la prevención o disminución del fallo que se esté presentando.

2.2. Justificación

Según documentación de CERART para el año 2008 se obtuvo una eficiencia de 0.95 correspondiente a un total 66.173 piezas en bizcocho de las cuales 62.305 fueron piezas buenas y la diferencia es decir 3.291 piezas fueron defectuosas. Durante este mismo año los resultados de producto terminado arrojaron una eficiencia de 0.80

¹DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA. Departamento de Promoción Económica. AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos. [en línea]. Librería HORDAGO. p 6,23-24. Disponible en Internet: <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Gestion%20de%20la%20calidad/AMFE_Analisis%20modal%20de%20allos%20y%20efectos.pdf>. Acceso: 29 de Diciembre del 2007.

² UTPL. PLANTA DE CERÁMICA. [en línea]. Disponible en internet: <<http://www.utpl.edu.ec/cerart/index.php>>. Acceso: 14 enero 2008.



con un total de 70.449 piezas de las cuales 56.194 fueron de clase A y 14.255 de clase B.³

Con estos antecedentes se puede evidenciar que en el período 2008 no se ha llegado a alcanzar una eficiencia muy cercana al 100%.

La eficiencia de la producción de piezas en bizcocho es mucho mayor a la del producto final, cabe señalar que las piezas cocidas sin esmaltar que presenten defectos pueden ser recuperadas y aprovechadas en el proceso de molienda, las pérdidas en esta etapa del proceso se deben únicamente a factores físico-químicos ya sea de materia prima, de la pasta o por factores ambientales; mientras que cuando hablamos del producto terminado el problema es aun más severo porque en las piezas se visualiza serios fallos y defectos como son: torceduras, trizaduras, falta o exceso de esmalte, craquelado, mala manipulación, refractario, pegado entre piezas, hervido, escamado, entre otros que disminuyen la calidad y la categoría del producto; clasificando a las piezas en categoría B y en algunos casos C dependiendo de la gravedad y severidad del defecto, lo que consecuentemente genera menor rentabilidad para la planta porque el precio de venta va a ser menor comparado con el que si fueran de primera clase y este es un producto que no va a poder ser reutilizado y algunas veces habrán piezas que debido a la gravedad de sus fallos no podrán aprovecharse para que lleguen a manos del cliente y tendrán sin duda que desecharse.

Concluyendo se crea una pérdida constante de materia prima, servicios básicos, mano de obra, tiempo, etc., que puede agudizarse en los próximos años si no se toman medidas correctivas y eficaces a tiempo.

De acuerdo con la metodología AMFE se va a analizar de manera sistemática los posibles fallos, con sus consecuentes efectos y causas del proceso productivo; para posteriormente poder formular acciones de mejora en forma lógica, ordenada y esquemática, elaborando planes de acción para combatir y prevenir los riesgos, el procedimiento, como se verá, es asimilable por todo el personal involucrado en el proceso siendo este un trabajo conjunto para conseguir un mismo objetivo.

³ Información de CERART. Documentos de producción y Calidad. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja - Ecuador 2008.



CAPITULO TRES

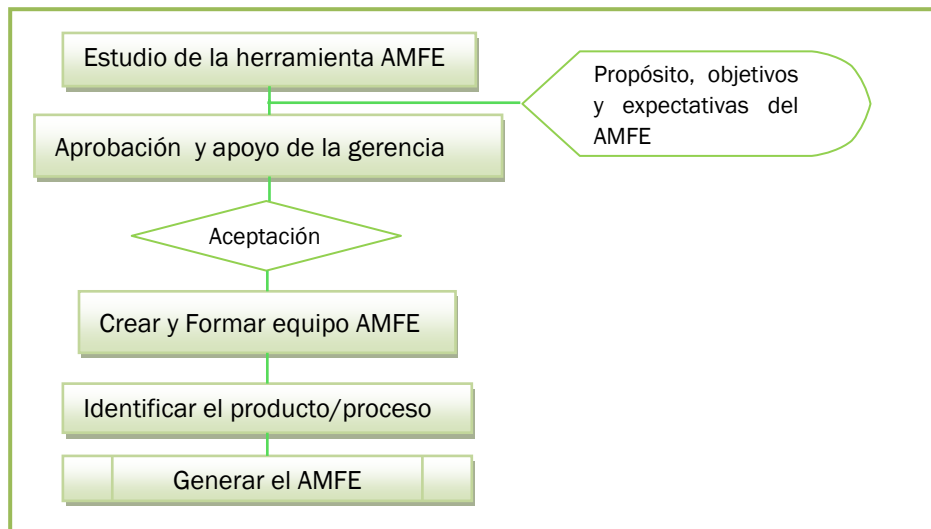
MATERIALES Y MÉTODOS



3. MATERIALES Y MÉTODOS

En el siguiente cuadro se resumen los pasos que se han seguido para el desarrollo e implementación de la metodología AMFE.

Diagrama 1. Metodología del trabajo experimental



Elaboración: Las autoras.

3.1. Estudio de la herramienta AMFE

Se inició el presente trabajo de tesis con la investigación del material necesario, con la finalidad de alcanzar una orientación y desarrollar mediante un estudio minucioso y completo de toda la herramienta AMFE.

El AMFE es una metodología de trabajo en grupo muy estricta para evaluar un sistema, un diseño, un proceso y/o un servicio en cuanto a las formas en las que ocurren los fallos. Para cada fallo, se hace una estimación de su efecto sobre todo el sistema y su gravedad. Además, se hace una revisión de las medidas planificadas con el fin de minimizar la probabilidad de fallo, o minimizar su repercusión.⁴

Existen ciertas características que ayudan a comprender la naturaleza de esta herramienta:

⁴Calidad en el Diseño y Desarrollo de Productos [en línea]. Disponible en Internet <www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Gestion%20de%20la%20calidad/Estudio%20de%20fallosAMFE.pdf - > Acceso: 02 de Febrero del 2008.



Carácter preventivo.- El anticiparse a la ocurrencia del fallo en los productos/servicios o en los procesos permite actuar con carácter preventivo ante los posibles problemas.

Sistematización.- El enfoque estructurado que se sigue para la realización de un AMFE asegura, prácticamente, que todas las posibilidades de fallo han sido consideradas.

Guía en la priorización.- La metodología del AMFE permite priorizar las acciones necesarias para anticiparse a los problemas dando criterios para resolver *conflictos* entre acciones con efectos contrapuestos.

Participación.- La realización de un AMFE es un trabajo en equipo, que requiere la puesta en común de los conocimientos de todas las áreas afectadas.

3.1.1. Objetivos y propósitos

El AMFE persigue ciertos objetivos entre estos se citan:

- Satisfacer al cliente.
- Identificar los modos de fallo que tienen consecuencias importantes respecto a diferentes criterios: disponibilidad, seguridad, etc.
- Adoptar acciones correctoras y/o preventivas, de forma que se supriman las causas de fallo del producto, en diseño o proceso.⁵

Entre los propósitos se tiene:

- Identificar las causas y efectos de cada modo de fallo potencial conocido.
- Priorizar los modos de fallo identificados de acuerdo al número de prioridad de riesgo (NPR) o frecuencia de ocurrencia, gravedad y grado de facilidad para su detección.⁶

Los beneficios que se pueden lograr son:

- Potencia la comunicación entre los departamentos.
- Mejora la calidad de los productos y los procesos.

⁵DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA. Departamento de Promoción Económica. AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos. [en línea]. Librería HORDAGO. p 6,23-24. Disponible en Internet: <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Gestion%20de%20la%20calidad/AMFE_Analisis%20modal%20de%20allos%20y%20efectos.pdf>. Acceso: 29 de Diciembre del 2007.

⁶ ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS A.M.F.E. [online]. Disponible en Internet: <<http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/amfe.pdf>>. Acceso: 28 de Enero del 2008.



- Reduce los costes operativos.⁷

3.2. Aprobación y apoyo de la gerencia

Como requisito previo para implantar el AMFE en una empresa se debe contar con el apoyo de la gerencia, siendo este muy importante por lo siguiente:

- Se realiza en horas de trabajo.
- Implica cambios.
- Se llega a conclusiones que requieren el apoyo de la dirección.

La gerencia tiene que conocer el método, apoyar su aplicación y animar al equipo de trabajo, ya que la persistencia en el esfuerzo es uno de los factores del éxito.⁸

3.3. Crear y formar el equipo AMFE

El grupo de trabajo se integra por personas que disponen de amplia experiencia y conocimiento del producto/servicio y/o del proceso objeto del AMFE.

Se explica a todos los miembros del equipo lo que es el AMFE y todas las actividades que se van realizando para su implementación.

3.4. Identificar el tipo de AMFE producto / proceso

Existen dos tipos de AMFE:

AMFE de producto.- Se aplica a procesos de diseño de nuevos productos y se utiliza con el fin de identificar y corregir cualquier fallo potencial o conocido antes de iniciarse el proceso de fabricación definitiva propiamente dicho.

AMFE de proceso.- Se aplica a procesos de fabricación de un producto. Trata de identificar y corregir cualquier fallo potencial o conocido antes de iniciarse el proceso de fabricación definitivo propiamente dicho. Una vez identificados, son ordenados y se les asigna una prioridad. Se centra en minimizar los fallos de producción mediante la identificación de los principales factores que afectan a la calidad del

⁷ AMFE. CALIDAD - JOSÉ MANUEL DOMENECH ROLDÁN PROFESOR DE ENSEÑANZA SECUNDARIA. [en línea]. Disponible en internet: <<http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/AMFE.pdf>>. Acceso: 05 de Enero del 2007.

⁸DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA. Departamento de Promoción Económica. AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos. [en línea]. Librería HORDAGO. p 6,23-24. Disponible en Internet: <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Gestion%20de%20la%20calidad/AMFE_Analisis%20modal%20de%20allos%20y%20efectos.pdf>. Acceso: 29 de Diciembre del 2007.

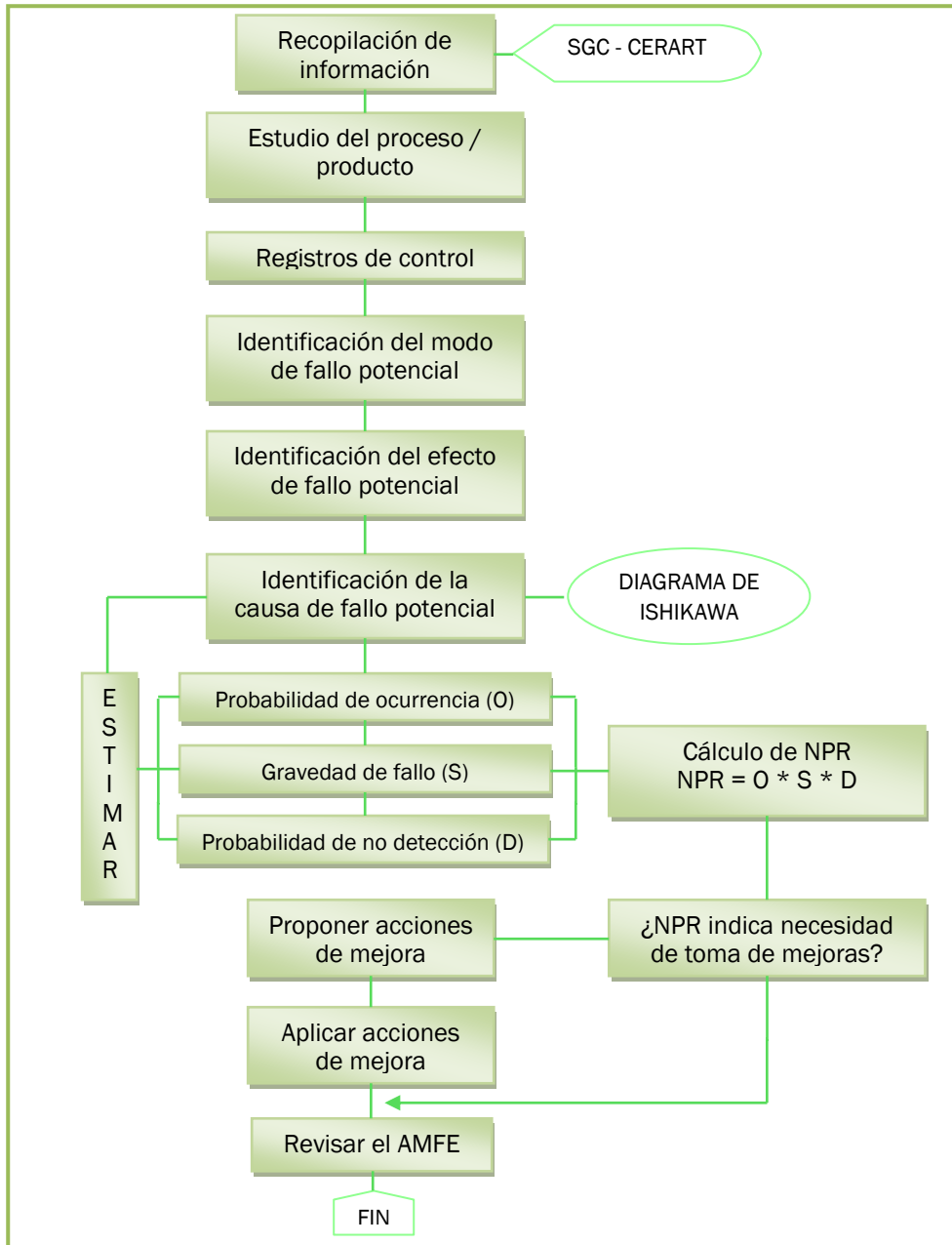


proceso. Éstos deben ser medidos, controlados, monitorizados.⁹ El equipo AMFE se encarga de identificar el tipo de AMFE a aplicar.

3.5. Generar el AMFE

En el presente diagrama se exponen los pasos a seguirse para proceder a generar el AMFE.

Diagrama 2. Generación del AMFE



Elaboración: Las autoras.

⁹ ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS A.M.F.E. [online]. Disponible en Internet: <<http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/amfe.pdf>>. Acceso: 28 de Enero del 2008.



3.5.1. Recopilación de la Información

Es necesario reunir ó buscar la documentación adecuada, con la finalidad de que ésta permita conocer y analizar, ya sea, el tipo proceso ó las características del producto dependiendo del tipo de AMFE con el cuál se va a trabajar.

3.5.2. Estudio del proceso / producto

Si se va a implementar el AMFE de proceso, es necesario conocer detalladamente cada etapa del proceso de producción; en cambio si se va a aplicar el AMFE de producto se debe conocer todas las características y los usos para el cual fue diseñado dicho producto.

3.5.3. Registros de control

Los registros de control están diseñados para recabar y examinar que todas las variables de inspección de cada una de las etapas del proceso productivo se encuentren dentro de los parámetros establecidos, por tanto se hará uso de ellos para poder detectar los fallos y la ocurrencia de los mismos.

3.5.4. Identificación del modo de fallo potencial

Un modo de fallo significa que un elemento o sistema no satisface o no funciona de acuerdo con la especificación, o simplemente no se obtiene lo que se espera de él. El fallo es una desviación o defecto de una función o especificación.¹⁰

3.5.5. Identificación del efecto de fallo potencial

Para cada modo de fallo potencial se identifican todas las posibles consecuencias que éstos pueden implicar para el cliente. Al decir cliente, nos referimos al usuario final a la siguiente fase del proceso. Cada modo de fallo puede tener varios efectos potenciales.¹¹

¹⁰DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA. Departamento de Promoción Económica. AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos. [en línea]. Librería HORDAGO. p 6,23-24. Disponible en Internet: <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Gestion%20de%20la%20calidad/AMFE_Analisis%20modal%20de%20allos%20y%20efectos.pdf>. Acceso: 29 de Diciembre del 2007.

¹¹ ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS A.M.F.E. [online]. Disponible en Internet: <<http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/amfe.pdf>>. Acceso: 28 de Enero del 2008.



3.5.6. Identificación de la causa del modo de fallo potencial

La causa potencial de fallo se define como un indicio de una debilidad del producto ó proceso cuya consecuencia es el modo de fallo.¹²

Para el desarrollo de este paso se utiliza el Diagrama Causa - Efecto.

3.5.6.1. Diagrama de Ishikawa

El Diagrama Causa - Efecto, también llamado Diagrama de Ishikawa ó Diagrama de Espina de Pescado, es la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto).

Es una herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones, y para desarrollar un plan de recolección de datos.¹³

3.5.6.1.1. Identificación del problema

El problema es algo que se quiere lograr o mejorar y debe ser definido con exactitud siendo específico y concreto.

3.5.6.1.2. Identificación de las categorías principales

Es necesario definir los factores o agentes generales que dan origen a la situación, evento, fenómeno o problema que se quiere analizar y que hacen que se presente de una manera determinada.

3.5.6.1.3. Identificación de las causas principales

Mediante una lluvia de ideas y teniendo en cuenta las categorías encontradas, se identifica las causas del problema.

Éstas son por lo regular, aspectos específicos de cada una de las categorías que, al estar presentes de una u otra manera, generan el problema.¹⁴

¹² ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS A.M.F.E. [online]. Disponible en Internet: <<http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/amfe.pdf>>. Acceso: 28 de Enero del 2008.

¹³ Sociedad Latinoamericana para la Calidad. Diagrama de Causa y Efecto. [en línea]. Disponible en internet: < www.cidem.com/cidem/es/servicios/reducircostes/enlaces/index.jsp - 28k ->. Acceso: 5 de Mayo del 2007.

¹⁴ DIAGRAMA CAUSA EFECTO. Juan Guille Gómez; Juan Fernando Muñoz; Yelitza Guerrero; Yeimi José Padilla. [en línea]. Disponible en internet: www.unalred.edu.cos Acceso: 15 de Marzo del 2008.

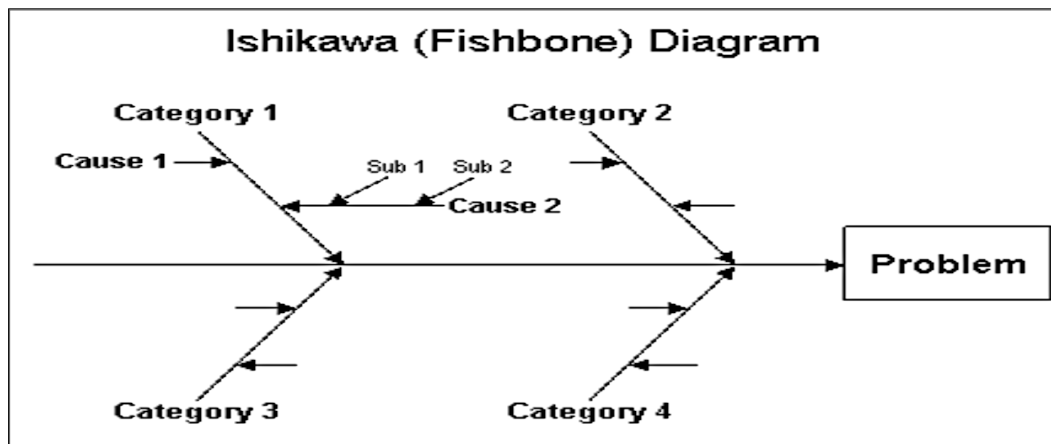
3.5.6.1.4. Identificación de las subcausas

En este paso se rellena cada una de las ramas principales con sus causas del efecto enunciado, es decir con causas de las causas principales (subcausas).¹⁵

3.5.6.1.5. Analizar y discutir el diagrama

La discusión debe estar dirigida a identificar la(s) causa(s) más probable(s), y a generar, si es necesario, posibles planes de acción. Tal como se observa en la gráfica se irán colocando cada uno de los pasos a seguir para desarrollar el Diagrama de Ishikawa.

Diagrama 3. Diagrama Causa - Efecto



Fuente: Causa Efecto. Diagrama Esqueleto de Pescado (Kaoru Ishikawa). [en línea]. Disponible en Internet: http://www.12manage.com/methods_ishikawa_cause_effect_diagram_es.html.

3.5.7. Estimación del NPR

Para cada causa potencial, de cada uno de los modos de fallo potenciales, se calculará el Número de Prioridad de Riesgo multiplicando los valores asignados de gravedad (G), ocurrencia (O) y de no detección (D) correspondientes.¹⁶

$$\text{NPR} = G \times O \times D$$

¹⁵ AMFE. CALIDAD - JOSÉ MANUEL DOMENECH ROLDÁN PROFESOR DE ENSEÑANZA SECUNDARIA. [en línea]. Disponible en internet: <<http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/AMFE.pdf>>. Acceso: 05 de Enero del 2007.

¹⁶DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA. Departamento de Promoción Económica. AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos. [en línea]. Librería HORDAGO. p 6,23-24. Disponible en Internet: <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Gestion%20de%20la%20calidad/AMFE_Analisis%20modal%20de%20fallos%20y%20efectos.pdf>. Acceso: 29 de Diciembre del 2007.



3.5.7.1. Probabilidad de ocurrencia

La probabilidad de ocurrencia es un valor entre 1 (mínima probabilidad) y 10 (máxima probabilidad) que indica la probabilidad de que el fallo ocurra.

Si bien no existen unas reglas normalizadas para la valoración de la probabilidad de ocurrencia, en la tabla se indican unos criterios de valoración que pueden servir de referencia.

Tabla 1. Criterios de valoración para la probabilidad de ocurrencia

Criterio	Probabilidad
Casi improbable.	1 - 2
Baja probabilidad.	3 - 4
Probable.	5 - 7
Alta probabilidad.	7 - 8
Casi con certeza.	9 - 10

Fuente: AMFE. CALIDAD - JOSÉ MANUEL DOMENECH ROLDÁN PROFESOR DE ENSEÑANZA SECUNDARIA. [en línea]. Disponible en internet: <<http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/AMFE.pdf>>

3.5.7.2. Gravedad de fallo

La gravedad del fallo es un valor entre 1 y 10, que indica la influencia del fallo. Los criterios que se incluyen en la tabla pueden servir de referencia en la valoración de la gravedad.

Tabla 2. Criterios de valoración para la gravedad de fallo

Criterio	Índice
Muy leve (casi imperceptible).	1 - 2
Leve.	3 - 4
Gravedad moderada.	5 - 7
Gravedad alta.	7 - 8
Muy grave.	9 - 10

Fuente: AMFE. CALIDAD - JOSE MANUEL DOMENECH ROLDAN PROFESOR DE ENSEÑANZA SECUNDARIA. [en línea]. Disponible en internet: <<http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/AMFE.pdf>>

3.5.7.3. Probabilidad de no detección

Indica la probabilidad de no detectar el fallo antes de entregar el producto al cliente (para el AMFE de producto), o durante su fabricación (para el AMFE de proceso). Al igual que en los casos anteriores toma valores comprendidos entre 1 y 10. La tabla



muestra un criterio de clasificación que puede servir de referencia en la valoración de la probabilidad de no detección.¹⁷

Tabla 3. Criterios de valoración para la probabilidad de no detección

Criterio	Probabilidad
El defecto es obvio.	1 - 2
Defecto fácilmente detectable.	3 - 4
Mediante controles se puede detectar el defecto.	5 - 6
Es posible no detectar algunos defectos.	7 - 8
Ineficacia para detectar el defecto.	9

Fuente: AMFE. CALIDAD - JOSÉ MANUEL DOMENECH ROLDÁN PROFESOR DE ENSEÑANZA SECUNDARIA. [en línea]. Disponible en internet: <<http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/AMFE.pdf>>.

3.5.7.4. Cálculo del NPR

El NPR es usado con el fin de priorizar la causa potencial del fallo para posibles acciones correctoras. El NPR también es denominado IPR (índice de prioridad de riesgo).¹⁸

3.5.8. Proponer acciones de mejora

Cuando se obtengan valores elevados de NPR que excedan el límite correspondiente a 100, se plantea acciones correctoras; y para aquellos valores que estaban dentro del límite (<100) se propone acciones preventivas.

3.5.8.1. Capacitación para aplicar acciones de mejora

Se debe capacitar al personal sobre los resultados encontrados hasta ese momento, dándoles a conocer las acciones de mejora que se hayan propuesto. Posteriormente, se fija la fecha límite para dar inicio a la implantación de dichas acciones.

¹⁷ AMFE. CALIDAD - JOSÉ MANUEL DOMENECH ROLDÁN PROFESOR DE ENSEÑANZA SECUNDARIA. [en línea]. Disponible en internet: <<http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/AMFE.pdf>>. Acceso: 05 de Enero del 2007.

¹⁸ DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA. Departamento de Promoción Económica. AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos. [en línea]. Librería HORDAGO. p 6,23-24. Disponible en Internet: <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Gestion%20de%20la%20calidad/AMFE_Analisis%20modal%20de%20allos%20y%20efectos.pdf>. Acceso: 29 de Diciembre del 2007.



3.5.9. Revisar el AMFE

Una vez implantadas las acciones de mejora, se estima nuevamente el NPR y se compara con el calculado en un inicio y de esta manera se evalúan los resultados obtenidos, la eficacia y uso de esta herramienta.



CAPITULO CUATRO

RESULTADOS Y ANÁLISIS



4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. Estudio de la herramienta AMFE

Después de investigar toda la información necesaria, se logró entender y dominar la herramienta de Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) para poder desarrollarla con satisfacción en CERART.

4.2. Aprobación y apoyo de la gerencia

Durante la reunión con el gerente de CERART se dió a conocer la metodología AMFE, para la cual se preparó el material adecuado (Ver anexo1), en el que se explicó lo que es esta herramienta, sus propósitos, beneficios y los posibles resultados que se esperaban alcanzar. Al concluir la reunión se acordó implantar el AMFE.

4.2.1. Objetivos y propósitos

Con la implementación de esta herramienta se alcanzaron los propósitos satisfactoriamente (Ver apartado 3.1.1.).

4.3. Crear y formar el equipo AMFE

El equipo AMFE estuvo constituido por los líderes de cada área, con la finalidad de trabajar asociadamente y contagiar al personal de todo lo que se quería lograr con esta herramienta involucrando a cada uno de ellos en las actividades a seguirse para la implantación del AMFE.

4.4. Identificar el tipo de AMFE de producto / proceso

Por la aceptación en el mercado, por presentar costos de producción mayores y por generar una mayor cantidad de ingresos; se acordó trabajar con el tipo de AMFE de proceso, correspondiente a la línea de producción Yapacunchi.

4.5. Generar el AMFE

Para generar el AMFE se siguió cada uno de los pasos ya explicados en el capítulo tres (Ver apartado 3.5) y a continuación se detallan los resultados de éstos. Al final de este capítulo se muestran el formato AMFE para cada etapa del proceso en el que se indica de manera resumida todos los pasos que se siguieron (Ver cuadros del 1 – 17).



4.5.1. Recopilación de información

Toda la documentación reunida fue facilitada mediante el director de tesis, teniendo acceso a los archivos del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) de CERART el mismo que contiene:

Manual de Instrucciones de Trabajo.- Detalla las instrucciones de trabajo que son necesarias para las actividades para cada etapa de producción.

Manual de Procesos.- Se lo utilizó para comprender e identificar mejor las etapas de la línea Yapacunchi.

Manual de Control de la Calidad.- Contiene los subprocesos de producción de la línea Yapacunchi, dentro del cual se describen los controles y ensayos a realizarse, el objetivo que se persigue, importancia, forma de realización, periodicidad, tratamiento de producto no conforme, haciendo referencia a especificaciones y registros apropiados a utilizarse en cada fase del proceso; también se detalla las diferentes inspecciones visuales que se realizan durante el proceso productivo y al producto final.

Registros de la Calidad.- Fueron necesarios para poder llevar los controles establecidos para el proceso de producción.

Registros de Laboratorio.- Se usaron para poder llevar controles de todas las actividades que se realiza en el laboratorio de CERART establecidos para el proceso de producción.

Cabe destacar, que la documentación del SGC incluye más archivos de los mencionados anteriormente.

4.5.2. Estudio del proceso productivo

En el Manual de Procesos de la planta de cerámica CERART se detalla cada etapa del proceso de producción Yapacunchi que consta de 17 subprocesos y en cada uno de ellos se define el objetivo que persigue cada etapa, los parámetros de control, las variables de inspección en el producto, los recursos, así como también los elementos a utilizarse para la seguridad industrial y también las actividades que se deben realizar en cada etapa del proceso; todo este estudio fue de la mano con el Manual de instrucciones de trabajo y el Manual de Control de Calidad.



4.5.3. Registros de control

Con los registros de calidad del SGC de CERART se inspeccionó como las variables que influyen en cada una de las etapas del proceso fluctuaban de acuerdo a los parámetros establecidos, se llenó estos registros durante un mes de producción los mismos que permitieron evaluar cuales de las variables se encontraban fuera de rango, la frecuencia, y los posibles efectos (Ver anexo 5).

4.5.4. Identificación del modo de fallo potencial

Como cada etapa del proceso Yapacunchi persigue una función u objetivo al finalizar la misma, el modo de fallo se pudo determinar al observar que no se está llevando con satisfacción y no se obtuvo lo esperado.

4.5.5. Identificación del efecto de fallo potencial

En este paso identificamos para cada etapa del proceso todas las consecuencias que el modo de fallo ya antes determinado puede generar para cada una de las etapas del proceso de producción.

4.5.6. Identificación de la causa del modo de fallo potencial

Para poder determinar todas las posibles causas de cada modo de fallo potencial, ya sean directas o indirectas se utilizó el Diagrama de Ishikawa. Esta herramienta permitió ordenar las ideas mediante el criterio de las relaciones de causalidad.

4.5.6.1. Diagrama de Ishikawa

Para llegar a construir el diagrama de Ishikawa de cada etapa del proceso de producción de la línea Yapacunchi, se siguieron todos los pasos necesarios para construirlo de una manera ordenada y lógica, debiendo descubrir el origen de cada uno de los problemas que se presentaban, esta herramienta ayudó a encontrar los modos de fallo, así como las causas y efectos de fallo, siendo esto muy importante para poder generar el AMFE, al final de este capítulo se exponen los diagramas construidos (Ver figuras 1 -16).



4.5.7. Estimación del NPR

Se realizó la estimación de NPR para cada modo de fallo en todas las etapas del proceso de producción, para lo cual se tomó en cuenta los parámetros que se detallan a continuación:

4.5.7.1. Probabilidad de ocurrencia

Para determinar la probabilidad de ocurrencia se elaboró una tabla específicamente para ser usada en la planta de cerámica CERART, con sus respectivos criterios y valoraciones.

Tabla 4. Clasificación de criterios según la probabilidad de ocurrencia (O) de CERART

OCURRENCIA	CRITERIO	VALOR de O
Muy Escasa (Improbable)	Si el defecto no se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Escaso	Si hay muy pocos fallos en procesos anteriores. Es razonablemente esperable durante el proceso, aunque es poco probable que suceda.	2 - 3
Moderada	Si el defecto aparece ocasionalmente. Probablemente aparecerá algunas veces a lo largo del proceso.	4 - 5
Frecuente	Si en circunstancias anteriores el fallo se ha presentado con cierta frecuencia.	6 - 7
Alta	Si el fallo se ha presentado frecuentemente en el pasado	8 - 9
Muy Alta	Si el Fallo es casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	10

Elaboración: Las autoras.

4.5.7.2. Gravedad de fallo

Se diseñó una tabla en la que se exponen todos los criterios y cada uno de los valores.

Tabla 5. Clasificación de criterios según la gravedad de fallo (S) de CERART

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR de S
Ínfima	Si el defecto no es perceptible.	1
Escasa	Si se nota un pequeño fallo, el mismo que provoca una leve molestia, pero que puede repararse.	2 - 3
Baja	Si se nota un fallo y produce indisposición.	4 - 5
Moderada	Si el fallo produce cierta insatisfacción	6 - 7
Alta	Si el fallo es crítico y produce un alto grado de insatisfacción.	8 - 9
Muy Alta	Si el fallo es muy crítico afectando el funcionamiento de seguridad del proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias.	10

Elaboración: Las autoras.



4.5.7.3. Probabilidad de no detección

Se estimó la probabilidad de no detección usando la tabla mostrada a continuación:

Tabla 6. Clasificación de criterios según la probabilidad de no detección (D) de CERART

DETECCIÓN	CRITERIO	VALOR de D
Muy alta	El defecto es una característica funcionalmente obvia y detectada inmediatamente por el operador.	1 - 2
Alta	El defecto es una característica fácilmente detectable porque se observa sin manipular demasiado el producto.	3 - 4
Moderada	Los registros de control pueden detectar el defecto, aunque no es detectable a simple vista.	5 - 6
Baja	Es posible que algunos defectos de este tipo no sean detectados.	7 - 8
Muy baja	Los controles actuales son claramente ineficaces para detectar una parte significativa de los defectos.	9
Certidumbre	Si el defecto que se produce no será detectado y pasará a la siguiente etapa con toda certeza.	10

Elaboración: Las autoras

4.5.7.4. Cálculo del NPR

Los resultados obtenidos se indican dentro del formato AMFE (Ver cuadros 1 - 16, columna 1).

4.5.8. Proponer acciones de mejora

Se propuso acciones de mejora, tanto correctivas como preventivas, dependiendo de los valores obtenidos de NPR. A continuación se detalla el análisis de cada una de ellas, estas también se encuentran de forma resumida en el formato AMFE (Ver cuadros del 1 - 16, columna 12).

4.5.8.1. Análisis de las acciones correctoras

- PASO UNO. Preparación y molienda de materias primas

En esta etapa los valores de NPR que excedían el límite fueron los referentes a: materia prima con rangos inadecuados, al error en el pesaje de los materiales por hacerlo en una balanza descalibrada, para estas causas se sugirió algunas acciones correctoras. En cambio los valores de NPR menores al límite, se debieron a la posible mala recepción y almacenamiento, oreado inadecuado y al mal acondicionamiento de materias primas, al uso de un molino obsoleto, carga incorrecta de cuerpos



moledores, tiempo inadecuado de molienda, falta de experiencia y a una operación de trabajo deficiente para los cuales se propuso acciones de prevención que ayuden a disminuir aún más este valor.

ACCIONES DE MEJORA.- Es importante verificar el buen estado del espacio donde se almacenan las materias primas para evitar la contaminación y el mezclado de las mismas, ya que para realizar los ensayos de caracterización (densidad, humedad, plasticidad, granulometría, sedimentación, etc.) se necesita que estén en su mayoría libres de impurezas, lo cual favorece a que reúnan propiedades acorde a las especificaciones (Ver anexo 2).

La conservación de un óptimo tiempo de oreado permite alcanzar una humedad del 5-10% que es lo que se requiere. Así mismo, es necesario acondicionar el tamaño de grano del material previo a su entrada al molino, ya que podría desgastar los cuerpos moledores.

La revisión y mantenimiento constante del molino es muy importante pues debido al mal y excesivo uso, éste puede deteriorarse afectando la molienda. El control de la cantidad específica de cuerpos moledores permite obtener una molienda efectiva de todo el material. Es necesario un control continuo del tiempo, pues a través de la prueba de retenidos se determina en que momento la pasta primaria está lista para ser descargada. Para los análisis de humedad y densidad de la pasta es necesario la calibración y limpieza de la balanza para obtener valores correctos. Se debe capacitar al operario sobre los métodos de operación controlando que los efectúe de la mejor forma posible.

- PASO2. Filtroprensado de la pasta

Al evaluar el NPR, se obtuvo valores mayores al límite para la siguiente causa: Pasta con propiedades fuera de lo establecido, para lo cual se tomó una acción correctiva. Para las otras posibles causas tales como: mal funcionamiento de la filtroprensa, tiempo inadecuado de filtroprensado y falta de control, se obtuvo valores de NPR < 100, pero tomándose acciones preventivas se pueden obtener mejores resultados.

ACCIONES DE MEJORA.- Es importante que durante esta etapa se controle el tiempo de filtroprensado (operario), además que la pasta primaria (producto de entrada) que ingrese a este proceso esté bien controlada (jefe de laboratorio) para que se



encuentre en los rangos de humedad, densidad y retenidos reales adecuados (Ver anexo 3).

- PASO3. Preparación de la barbotina de colado

En la etapa de preparación de la barbotina de colado se obtuvieron valores elevados de NPR correspondientes a las siguientes causas: tortas de filtroprensado con características fuera de rango, tiempo incorrecto de mezclado y error al medir los parámetros de control de pasta de colado, para los cuales se planteó acciones correctoras. Para valores bajos de NPR se propuso acciones preventivas que ayuden a prevenir los posibles fallos, estos se pueden dar por las siguientes causas: mal funcionamiento de los equipo (blounger, tanque N°1 y N°2 y cisterna N°2) con un sistema de agitación no apropiado, mal almacenamiento de tortas, falta de experiencia del personal y operación de la metodología de trabajo no apropiada;

ACCIONES DE MEJORA.- Las características adecuadas de las tortas de filtroprensado ayudan a obtener una barbotina de colado óptima, ya que se logra añadir la cantidad apropiada de agua y defloculante (disminuye la viscosidad).

Se debe mantener un espacio adecuado y acondicionado para que no se alteren las características de la torta, lo cual ayudará a optimizar el tiempo durante la ejecución del proceso.

Los equipos usados en este subproceso, tanto el blounger (equipo donde se prepara la barbotina de colado), como la cisterna N°2 (almacena pasta de colado) y tanque N°1 y N° 2 (almacena pasta lista para colar) deben presentar un sistema de agitación que funcione correctamente para obtener una pasta homogénea y evitar la sedimentación de los materiales pesados. A estos se les debe dar un mantenimiento y una limpieza constante para impedir la acumulación de impurezas y residuos que pueden alterar las características que se desea en la pasta. (Ver anexo 3).

La limpieza y calibración de la balanza permite medir adecuadamente las cantidades específicas para la realización de los ensayos de control (densidad, viscosidad, tixotropía y humedad).

La capacitación y control por parte del personal es muy necesaria para que el método de trabajo sea de buena calidad, pues no se recomienda ubicar personal sin conocimiento y experiencia en esta etapa.



- PASO4. Extrusión de tortas

La causa de fallo que podría darse debido al más alto valor de NPR (64), fue que las tortas de filtoprensado que entran en este proceso no presenten condiciones (humedad, homogeneidad, dureza) apropiadas. Para las siguientes causas: mantenimiento y funcionamiento inapropiado de la bomba y extrusor, jefe de laboratorio y operario sin experiencia, se aprecian valores altos de NPR pero que no exceden el límite > 100 , para las cuales es necesario considerar algunas recomendaciones.

ACCIONES DE MEJORA.- Para que el proceso no se vea obstruido es necesario que la persona que esté encargada de realizar la verificación de las condiciones específicas de las tortas (Ver anexo 3) lo haga de forma correcta.

Para las otras causas mencionadas, se recomienda dar un buen uso a la bomba evitando interrupciones en la cámara de vacío y verificando la presión de trabajo, el extrusor debe recibir mantenimiento periódicamente y tanto el responsable del laboratorio, como el operario deben realizar un buen trabajo.

- PASO5. Formación de piezas en roller

Para la etapa de formación de piezas en roller se determinaron valores elevados de NPR correspondiente a las siguientes causas: Chorizo deficiente, roller en mal funcionamiento y falta de calibración; mientras que los valores inferiores a 100 son causas que pueden darse por las siguientes posibles causas: falta de experiencia del operario, corte irregular del chorizo y mala calibración del equipo. En ambos casos se sugirieron acciones correctoras y acciones preventivas, respectivamente.

ACCIONES DE MEJORA.- Se debe mantener un control riguroso de las propiedades físicas y químicas del chorizo (Ver anexo 3) para evitar fluctuaciones en el espesor de las piezas. El control y mantenimiento del roller permite que la operación se efectúe con éxito. La capacitación continua al operario encargado de este proceso ayuda a fortalecer el desempeño del mismo.

En esta etapa es fundamental el cuidado que se debe mantener al realizar el corte del chorizo de tal forma que se pueda lograr homogeneidad en el espesor de las piezas de un mismo lote.



Es necesario realizar una calibración y verificación constante de la velocidad, tanto del cabezote en donde va asentado el molde como del freno del roller para evitar modificaciones en el espesor.

- PASO 6. Formación de piezas por colado normal y a presión

Esta etapa es la más usada para la formación de la mayor parte de productos que la empresa ofrece por la originalidad en sus diseños, por tanto al evaluar la gravedad del mismo se asignó un valor correspondiente a 9 (Ver cuadro 6, columna 5), las causas que presentan un valor mayor de NPR son debidas a: propiedades (humedad, densidad, viscosidad, tixotropía) de la pasta lista para colar sin reunir rangos establecidos (Ver anexo 3, tanque N°1 y N°2) y cantidad insuficiente de defloculante. Los valores inferiores al límite de NPR se debieron a las posibles causas: pasta sin agitación continua en los tanques N°1 y N°2, falta de controles por parte del líder del laboratorio, moldes de yeso en mal estado, mesa de colado con desperfectos, bomba y tanque de presión para el colado a presión sin condiciones de trabajo ajustadas (1.6 bares), pistola, tiempo inadecuado de colado y manguera sucia.

ACCIONES DE MEJORA.- Se debe seguir un control minucioso de las propiedades de la pasta. Se le debe añadir la cantidad óptima de defloculante ya que es uno de los factores (carácter floculante de los iones SO_4^- y Ca^{++}) por el cual las piezas se forman. La pasta debe contener una relación arcilla – agua adecuada, debido a que ésta se depositará en moldes de yeso, de no ser así, pueden saturarse de agua volviéndose obsoletos, siendo necesario que éstos permanezcan secos para futuras utilizaciones. Además la granulometría de la materia prima de la pasta (Ver Anexo 2) debe ser tal que impida obtener espesores no adecuados ya que al momento de sacar las piezas de los moldes pueden partirse.

En cuanto a las máquinas (bomba y tanque de presión) utilizadas en el colado a presión, presentan causa que no se dan con frecuencia en la planta y son difícilmente detectables, motivo por el cual el valor de NPR es alto, las acciones correctoras se toman, y si no se las aplica puede que en un futuro se den defectos por no contar con las condiciones necesitadas, además para que la vida útil de un equipo dure el plazo establecido debe contar con los cuidados necesarios.

La mesa debe ser limpiada y cualquier obstáculo que vaya a causar irregularidad en la misma debe ser eliminado, la pistola debe estar libre de impurezas y grumos, para evitar esto es necesario dejar fluir la pasta ágilmente y así se evita que se tape.



- PASO 7. Secado de piezas

En esta etapa se registraron valores altos de NPR, correspondientes a las siguientes causas: secadero en mal funcionamiento, piezas con falta de humedad, tiempo y temperatura inapropiadas de secado. Se obtuvo un valor inferior a 100 de NPR debido a la ausencia de experiencia del personal, falta de experiencia del operario, mala ubicación de las piezas en el horno y condiciones climáticas adversas por lo que se propusieron acciones de corrección y de prevención, respectivamente.

ACCIONES DE MEJORA.- El control de temperatura del secadero y la correcta calibración del ventilador son aspectos que se deben cuidar, los cuales permiten obtener piezas con la humedad requerida (0 – 5 %) para que puedan entrar a la quema de bizcocho (pieza cruda). El mantenimiento y limpieza continua del equipo favorecen a que el trabajo se realice con éxito diariamente.

El necesario un óptimo control del tiempo de secado en las piezas, ya que al exponerlas demasiado tiempo al ambiente hace que ganen humedad higroscópica.

El personal debe ser conocedor del método y equipo de trabajo, lo cual se complementa mediante capacitaciones continuas.

El orden y separación de las piezas dentro del secadero evitan el pegado entre ellas.

- PASO 8. Recorte y pulido de piezas

Esta etapa requiere un trabajo enteramente manual y de suave manipulación, no se observa defectos considerables en la presente etapa.

ACCIONES DE MEJORA.- Únicamente se recomienda que haya cambios continuos de las herramientas de trabajo (esponjas, agua, vileda y cuchillas) y la debida agilidad y destreza que se requiere para realizar el trabajo.

- PASO 9. Adición del logo Yapacunchi.

Este procedimiento es de fácil realización, ya que únicamente se pega el logo de la empresa en la base de la pieza y esto no genera ningún tipo de defecto.

- PASO 10. Quema de bizcocho

La gravedad se considera alta debido a que es un proceso elemental en la planta. Las causas que presentan valores altos de NPR se deben: horno sin calibrar, ciclo de



cocción no ideal y tiempo inadecuado de quema. En las causas referentes a: falta de experiencia y criterio de selección por parte del responsable del horno, piezas provenientes de la etapa de recorte y pulido con presencia de rebabas.

ACCIONES DE MEJORA.- En cuanto al horno la persona encargada debe contar con el conocimiento, experiencia y apoyo de la empresa, y de esta forma pueda revisar y dar mantenimiento a este equipo para que presente un buen funcionamiento y que la temperatura Vs. tiempo se lleve de acuerdo al ciclo de cocción.

- PASO 11.Preparación de colores bajo esmalte

En la etapa de preparación de bajo esmalte, se evidenciaron valores altos de NPR para las siguientes causas: tiempo insuficiente de mezclado, error en los pesos de los materiales que componen los colores bajo esmalte, horno dañado, lotes nuevos de ámacos, pigmentos y aditivos, uso de pigmentos caducados, almacenamiento inadecuado de materiales, metodología de trabajo deficiente. El mezclador desgastado y la falta de experiencia del personal generaron NPR con valores bajos.

ACCIONES DE MEJORA.- La ejecución de pruebas oportunas de la eficacia de los lotes nuevos es muy importante porque existen materiales (pigmentos y aditivos) que no dan como resultado la misma tonalidad en los colores luego de la quema, ocasionando variación el acabado de las piezas.

Se recomienda desechar los pigmentos y demás aditivos que se encuentren caducados y en mal estado, pues éstos pueden afectar la tonalidad de los colores. Así mismo se los debe mantener almacenados ordenadamente para evitar que se contaminen y permanezcan en buen estado por mucho más tiempo. Cabe señalar que al inicio del año se realizó un mantenimiento e inventario de toda la planta en especial de la bodega de insumos de materiales.

Es necesario realizar un control riguroso y continuo del tiempo de mezclado de los materiales que componen los colores para obtener una textura homogénea y tamizarlos para evitar la presencia de grumos ó pequeñas partículas.

Debe usarse correctamente el mezclador y limpiar el recipiente - agitador cada vez que se vaya a preparar un color nuevo.

La formulación de los materiales que constituyen el color pueden estar bien calculada, pero si al momento de realizar el pesaje la balanza está sucia y descalibrada puede



originar variaciones en las características de los colores, por tanto es conveniente ubicar este equipo en un lugar apropiado y alejado de la contaminación.

Se debe verificar como los óxidos y demás materiales que constituyen los colores se comportan luego de la quema para ser comparados con los colores establecidos en las tonalidades de la línea Yapacunchi, caso contrario se debe realizar nuevas formulaciones.

- PASO 12.Decoración con bajo esmalte

Para este subproceso, el bizcocho (pieza cruda) con desperfectos, colores sin textura y formulación inadecuada generan valores altos de NPR.

Los valores menores al límite de NPR, se podrían dar debido a: uso de pinceles sucios con cerdas gastadas, torno sin alineación; cansancio, falta de experiencia y habilidad, y estrés por parte del decorador.

ACCIONES DE MEJORA.- El trabajar con colores que no proporcionen la misma tonalidad establecida genera pérdida de tiempo.

Los operarios deben sentirse y llevar un buen ambiente de trabajo para que puedan desarrollar toda su capacidad y destreza al momento de plasmar los diseños.

- PASO 13.Molienda y preparación de esmaltes

En esta etapa los valores altos obtenidos para el NPR fueron aquellos relacionados con el uso de lotes nuevos de frita no acorde a las especificaciones (Ver anexo 4), mal estado de la frita y. Se obtuvieron valores bajos de NPR, tanto para el molino sucio y en mal funcionamiento, errores durante el proceso de carga de materiales, tiempo de molienda incorrecto, método de trabajo realizado deficientemente en este caso se formularon acciones preventivas.

ACCIONES DE MEJORA.- Se verificó la eficacia de la frita mediante pruebas pequeñas previo a su uso, lo que permitió comprobar si la frita está en óptimo estado para la preparación del esmalte.

No se recomienda usar frita de mala calidad pues puede afectar la característica del vidriado. Se realizó oportunamente un control de la cantidad adecuada de material a cargar en el molino, así como un óptimo control de todo el método de trabajo.



Debe existir un control del tiempo de molienda para reducir adecuadamente el tamaño de grano de los componentes del esmalte; mediante las pruebas de retenidos reales, humedad y densidad.

- PASO 14. Esmaltación de piezas

La esmaltación es un proceso importante en el proceso, la causa que alcanza un valor del indicador NPR considerable es que el esmalte este fuera de rango o que no reúna las propiedades necesarias para una correcta aplicación y la obtención de un buen resultado. Las otras causas (Ver cuadro 13, columna 7) arrojan valores < 100.

ACCIONES DE MEJORA.- La persona encargada debe medir y evaluar las propiedades del esmalte (Ver anexo 3) antes de ser usado. En cuanto a las otras causas que no presentan un valor alto de NPR solo se dan recomendaciones con la finalidad de evitar posibles errores por ese tipo de descuidos.

- PASO 15. Quema de vidrio

En la etapa de quema de vidrio se evidenciaron gran cantidad de NPR con valores altos entre los que destacamos algunos de los más importantes: coeficiente de dilatación del esmalte mayor al de la pasta, modificaciones en la pasta, modificaciones en el vidriado , curva de cocción incorrecta, trabajo defectuoso de la arcilla, exceso de humedad en las piezas, enfriamiento demasiado rápido, composición inadecuada del esmalte, viscosidad y densidad baja de la barbotina, tiempo de maduración excesivo del esmalte, esmalte mal fritado y algunas de las causas que obtuvieron valores bajos de NPR son: el combustible de mala calidad, conos pirométricos mal ubicados en el horno, aplicación incorrecta del esmalte, superficie irregular de la pieza, aplicación de esmaltes de mucho espesor y presiones muy elevadas para la aplicación de esmaltes pulverizados, pero de forma general se propuso una gran cantidad de acciones correctivas porque la mayor parte de los resultados obtenidos durante el análisis excedían el límite permitido.

ACCIONES DE MEJORA.- Se aumentó el coeficiente de expansión de la pasta y en ciertos casos se redujo el contenido de expansión en el vidriado.

Es elemental el aumento del módulo de elasticidad de Young en el vidriado, así como el aumento de la plasticidad y disminución de cuarzo. Se redujo la cantidad de sílice



(fundente). Se debe utilizar esmaltes que finalizada la cocción estén sometidos a una compresión.

Si hay presencia de arrugas se debe añadir fundentes. Es conveniente esmaltar las piezas por ambos lados o elevar la temperatura de quema.

Se debe utilizar soportes algo porosos y evitar soportes que tengan más del 25% en su composición de carbonato de calcio.

Se vigiló el enfriamiento a temperaturas críticas para evitar el craquelado de piezas. El secado lento y cuidadoso de las piezas evitó que las piezas se trizen durante la quema por efecto de la temperatura.

Se debe eliminar el exceso de cuarzo libre. Se requiere aumentar el contenido de compuestos que tengan Na, K, y Ca si se evidencia rotura de las piezas. Se puede sustituir la arcilla por otras rojas cuando se presente un descascarillado exagerado. Se esmaltó en capas delgadas para evitar sobrecargas y las piezas grandes se esmaltaron por ambos lados.

La viscosidad del esmalte debe ser tal que permita la salida de burbujas, así mismo para evitar acumulaciones en los bordes de las piezas o recogido del esmalte. Siempre se debe limpiar las piezas para que la base no se pegue a las planchas refractarias del horno.

El control de la densidad del esmalte evita los efectos por chorreado. Además si se mantiene una curva de cocción adecuada se reduce ciertos defectos como: ampollas, rupturas, escurrimiento o chorreado, pérdidas de brillo, variaciones de color o de transparencia entre otros.

- PASO 16.Decoración y quema de calcomanía

La decoración y quema de calcomanía no presenta un valor considerable de NPR debido a que según registros no se han dado fallos, la causa que tiene un valor fuera de rango de NPR es que el horno este fallando y que el tiempo no sea el adecuado.

ACCIONES DE MEJORA.- Que el horno sea revisado con frecuencia, sea calibrado. En cuanto al trabajo elaborado por los operarios solo se dan recomendaciones con la objetivo de evitar posibles fallos.



- PASO 17.Decoración y quema de lustre

En la etapa de decoración y quema de lustre se registró 2 de los valores obtenidos que sobrepasaban el límite permisible que son: el uso de lustres de baja calidad y la manipulación incorrecta del tiempo de quema, mientras que para el horno sin calibrar, pinceles deteriorados, mala ubicación en el horno, y aplicación incorrecta del lustre, dieron como resultado valores menores a 100. En todo caso se plantearon acciones correctivas y de preventivas para el proceso.

ACCIONES DE MEJORA.- Como lo se ha señalado anteriormente se realizó y debe realizarse siempre pruebas pequeñas previas al uso de lustres, se manejó un buen orden de las piezas en el horno, evitando sobrecargas. El personal encargado de la decoración con lustre usó pinceles limpios y en buen estado.

Se revisó y controló el buen funcionamiento del horno pues pueden existir variaciones de temperatura y la cocción no se puede estar realizando correctamente.

La aplicación del lustre se está realizando por personal con experiencia, el mismo que sabe como manipular las piezas con cuidado. Finalmente se están realizando controles periódicos del tiempo adecuado de quema mediante el uso de conos pirométricos.

- Además en la capacitación dictada al personal de CERART se les entrego a cada uno de ellos la parte que les correspondía del Manual de Instrucciones de trabajo en el cual se les indica cada uno de los pasos que deben realizar para desempeñarse acordemente en sus respectivas áreas de trabajo.

4.5.8.2. Capacitación para aplicar acciones de mejora

Foto 1. Realización de la capacitación con el personal de CERART.



Elaboración: Las autoras.



Se realizó la capacitación a todo el personal de producción de CERART (Ver anexo 5), durante la cual se expuso cada uno de los fallos y efectos encontrados en los procesos de la línea Yapacunchi, las causas de cada uno de ellos y se dió a conocer las acciones correctivas y en conjunto con el personal de la planta se propusieron otras para dar solución a los problemas encontrados (Ver anexo 6).

4.5.9. Revisar el AMFE

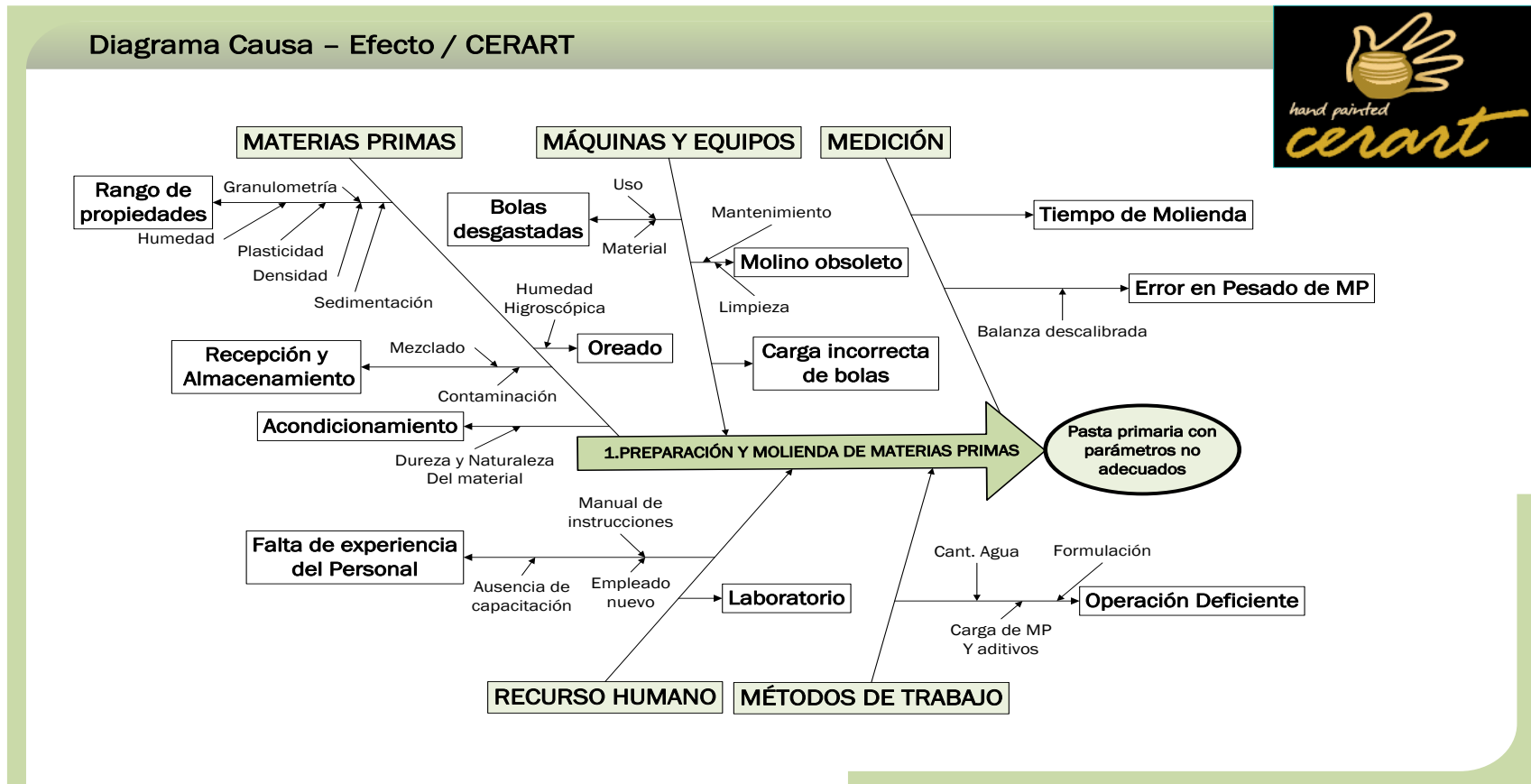
Para medir la eficacia de todas las acciones propuestas, nuevamente se llenó los registros de control (Ver anexo 8) manejados en CERART durante un mes de producción de la línea Yapacunchi, se calculo y comparó el NPR con el que se estimó anteriormente y se verificó cuan acertadas han sido todas las acciones tomadas al comprobar que el NPR a disminuido (Ver cuadro 17, NPR_1 y NPR_2).

- A continuación se muestran los diagramas de Ishikawa (Ver figuras de la 1 a la 16) que se elaboraron con la finalidad de identificar la causa y efecto de fallo de cada etapa del proceso de producción de la línea Yapacunchi; de igual manera se detallan los formatos AMFE (Ver cuadros del 1 - 17), los mismos que recogen toda la información encontrada de la metodología que se desarrolló.



DIAGRAMAS DE ISHIKAWA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI

Figura 1. Diagrama de Ishikawa de la preparación y molienda de materias primas



Elaboración: Las autoras.



- INTERPRETACIÓN DEL PASO UNO.- MOLIENDA Y PREPARACIÓN DE MATERIAS PRIMAS

Dentro de la etapa de molienda y preparación de materias primas el objetivo a evaluar es que la pasta primaria (producto de salida) tenga los parámetros adecuados para ser utilizada en la siguiente etapa correspondiente al filtroprensado de la pasta.

Algunos de los factores que se han considerado de vital importancia que pueden influir son: Materias Primas, método utilizado, máquinas y equipos, efectos por medición y aquellos debidos al factor humano.

La etapa de preparación de materias primas comprende los siguientes pasos:

- La recepción y almacenamiento es importante porque una vez proveniente de las canteras o minas, las materias primas son descargadas en grandes extensiones de terreno para posteriormente ser llevadas a patios donde deben estar separadas unas de otras para evitar que se mezclen entre sí, además estas reciben la acción conjunta del sol y de la lluvia que permiten lavar el material de sales como sulfatos y cloruros que son perjudiciales para el proceso.
- El oreado es un procedimiento necesario para que la materia prima mantenga una humedad higroscópica entre el 5% y 10%, la cual puede verse alterada por las condiciones ambientales a las que sea expuesta. Esta etapa se lleva a cabo en galpones con techo.
- Finalmente el acondicionamiento es un paso previo a la entrada del material al molino para adecuar el tamaño de grano del mismo mediante el uso de trituradores o con un combo manualmente.

Es necesario realizar las distintas pruebas de laboratorio a todas las materias primas que ingresen al mismo, es así que se debe conocer el contenido de humedad para poder realizar los ajustes necesarios al momento de pesar y prever que al igual que estas, las arcillas y otros materiales cerámicos utilizados para el moldeo también tengan un contenido óptimo de agua y por ende permitan añadir el agua necesaria para la molienda.

Así mismo mediante la prueba de densidad se puede verificar que los lotes nuevos de materia prima sean de similares características a los lotes con los que se ha



estado trabajando normalmente, de manera que si el caso lo amerita poder hacer las respectivas correcciones al momento de dosificar.

La granulometría es una prueba muy importante indica cómo es la distribución granulométrica del tamaño de partícula de una materia prima o de una pasta. Además mediante la curva granulométrica en el material molido podemos determinar el desgaste de los cuerpos moledores, es decir si obtenemos un porcentaje de finos más elevado, que en otras pruebas, esto indica que los cuerpos moledores se han desgastado y que están produciendo más finos; por tanto será necesario la reposición de una carga de elementos moledores (Ver anexo 2).

La sedimentación, es un ensayo que sirve para determinar que material actúa como mejor suspensionante. La plasticidad en las materias primas es una propiedad que permite conocer su capacidad de moldeado o que es lo mismo cuales de estos pueden conservar su forma aun cuando ya no exista la causa que produce la presión (Ver anexo 2).

En lo relacionado al factor humano es importante una previa capacitación más aún si se trata de un empleado nuevo, el cual debe disponer de un manual de instrucciones para que pueda realizar eficientemente el proceso, manejo del molino y pueda depositar correctamente y en el momento adecuado tanto la materia prima, agua y aditivos necesarios.

El molino es uno de los equipos más importantes dentro de la etapa de molienda, ya que si este sufre algún desperfecto, la pasta primaria será de malas condiciones, por lo que se debe realizar un mantenimiento del molino para desechar cualquier residuo de operaciones anteriores que puedan afectar las características de la pasta y revisar los cuerpos moledores. También se debe tener una adecuada carga de bolas que es de $\frac{1}{2}$ del volumen del molino revisando aquellos cuerpos moledores que se encuentren desgastados por el uso o a veces por la dureza del material a moler.

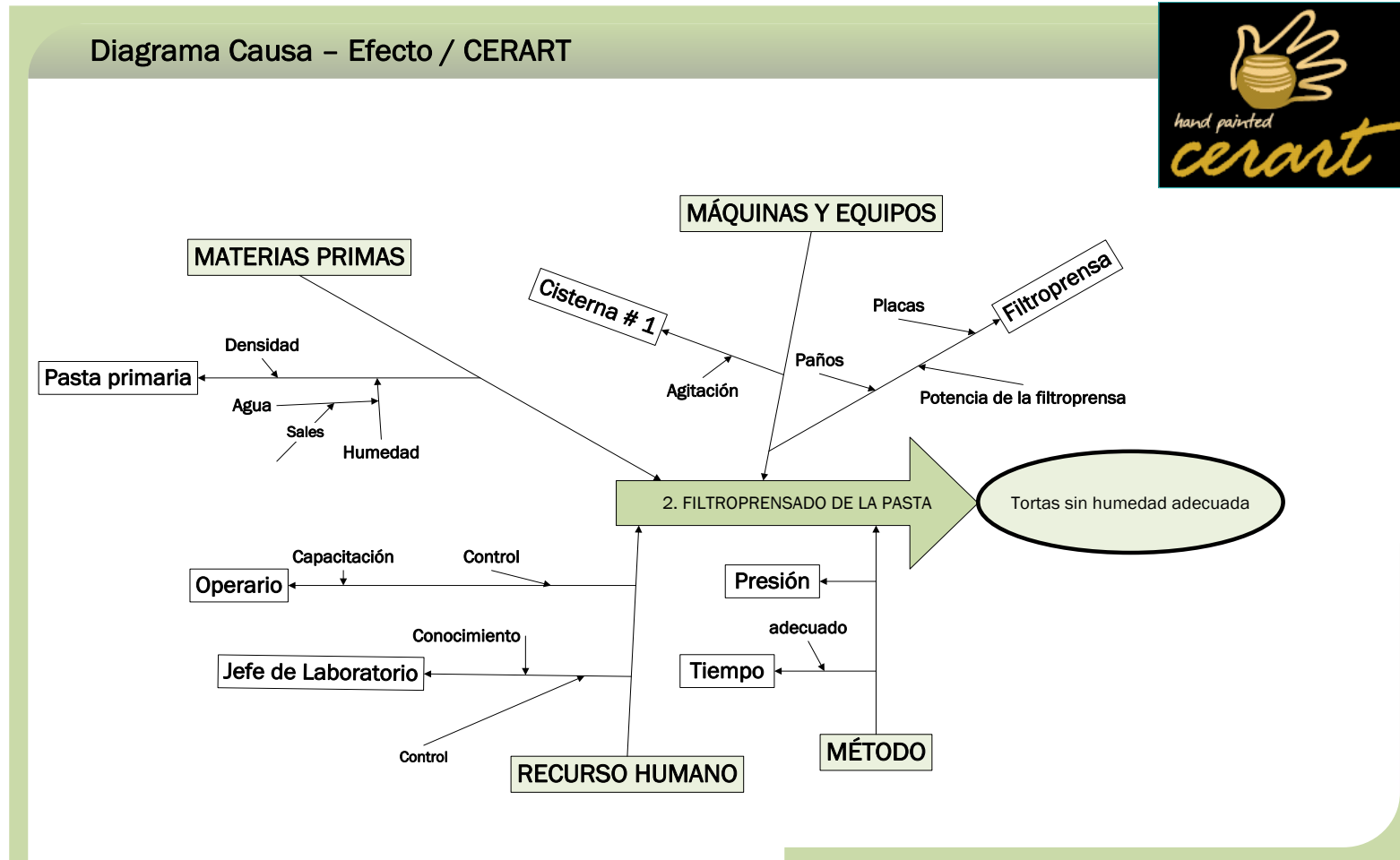
El tiempo de molienda es un factor vital en el proceso y al cual se debe tener un mayor control para obtener un rango aceptable de retenidos reales, humedad y densidad de la pasta de manera que se eviten éstas variaciones en estas variables (Ver anexo 3). La medición y pesado de materias primas y aditivos debe ser correcta por lo que se debe verificar que la balanza esté adecuadamente calibrada, así también es importante tomar en cuenta no colocar materiales inflamables encima,



debajo o junto a la balanza y que no se encuentre en una zona con riesgo a explosiones. Se debe evitar que penetren gotas de agua en el interior de la balanza en las conexiones de la parte posterior de la balanza. La fluctuación en los resultados puede deberse también a una mala ubicación de la balanza porque la base sobre la que se encuentre dispuesta no es horizontal y estable. En otro caso puede deberse a que se ha sobrepasado el pesado permitido por la balanza o porque no se ha pesado en el centro del platillo que en su defecto la balanza se encuentre muy deteriorada y no funcione perfectamente.



Figura 2. Diagrama de Ishikawa del filtroprensado de la pasta



Elaboración: Las autoras.



● INTERPRETACIÓN DEL PASO DOS. FILTROPRESADO DE LA PASTA

Durante el filtropresado de la pasta, se evaluó que las tortas presenten propiedades adecuadas: humedad, buena homogeneidad y adecuada dureza.

El filtropresado es un paso necesario a realizarse antes de pasar al siguiente subproceso (preparación de la barbotina (pasta lista para colar) de colado (vaciado de la pasta en los moldes), ya que su principal función es eliminar el exceso de agua en la pasta, porque en ésta se guarden sales que son perjudiciales por la presencia de cloruros y sulfatos.

La pasta primaria (producto de entrada) a utilizarse debe presentar las propiedades (humedad, densidad, retenidos reales) dentro del rango establecido (Ver anexo 3). Ésta debe contener materia antiplástica (Chamota, feldespatos, carbonato) adecuada, ya que se puede obtener tortas de filtroprensa (producto de salida) quebradizas.

Dentro de las máquinas y equipos tenemos:

La cisterna 1 (almacena la pasta primaria), debe presentar una adecuada agitación, ya que por la existencia de materiales pesados (sílice) que pueden sedimentarse se pueden generar tortas arenosas.

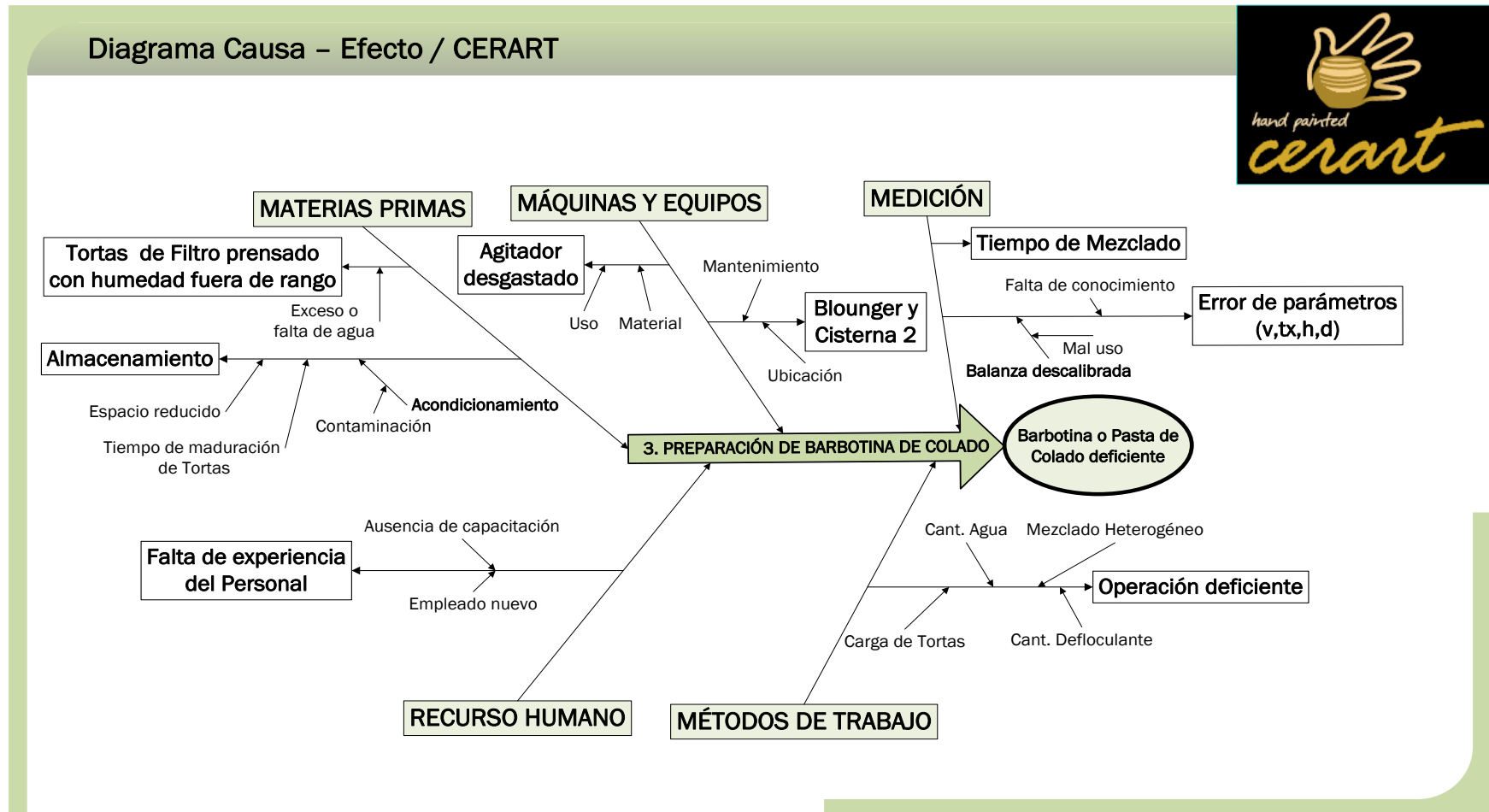
La filtroprensa tiene unas placas las cuales al alcanzar una presión especificada hacen un cierre perfecto entre una y otra, en cada placa se ubican dos paños filtrantes conocidos como ponchos que se sitúan hacia las paredes de la plancha y el paño filtrante se coloca hacia la parte exterior de dichas placas; los paños del filtroprensa, no deben presentar pliegues ni rotura, para así evitar fugas de la pasta primaria durante el proceso. La humedad de salida de las tortas variará si la placa y los paños no están en buen estado y al no trabajar adecuadamente la filtroprensa pueden formarse tortas blandas.

El recurso humano que labora en esta etapa del proceso debe estar capacitado e incentivado a realizar un buen trabajo y control para que el producto final sea óptimo. El operario debe dar un buen mantenimiento y manejo a los equipos.

Respecto al método, el tiempo de filtropresado de la pasta depende por un lado de la filtroprensa (potencia = 1.5 HP) y por otro de la presión de trabajo (10 bares), por lo general estará listo el material cuando ya no salga agua de las placas. La humedad a la que salen las tortas varía entre 26 - 30%.



Figura 3. Diagrama de Ishikawa de la preparación de la barbotina de colado



Elaboración: Las autoras.



● INTERPRETACIÓN DEL PASO TRES. PREPARACIÓN DE BARBOTINA DE COLADO

En esta etapa el problema que puede darse es que la pasta de colado sea deficiente en sus propiedades físicas (viscosidad, tixotropía, humedad y densidad). (Ver anexo 3).

El producto de entrada a este proceso son las tortas de filtroprensado, las mismas que deben permanecer almacenadas y acondicionadas perfectamente, y puestas en un lugar donde no puedan sufrir algún tipo de contaminación con otro material.

Estas tortas con una humedad de 24-30% van a depositarse en el Blounger (Mezclador-triturador) para obtener la pasta de colado.

El personal a efectuar este proceso debe tener experiencia y recibir capacitación para llevar a cabo exitosamente el proceso, de manera que conozca paso a paso en que momento debe colocar la carga de tortas debidamente troceadas (1 ruma = 31 tortas) con agua y posteriormente el defloculante, para conseguir mediante el agitado del blounger que todo el material se mezcle homogéneamente y pueda ser descargado a la cisterna 2, en donde se debe mantener en reposo durante 24h. que es el tiempo mínimo de maduración antes de emplearla; durante este periodo debe agitarse lentamente, lo cual no sólo impide la sedimentación de los componentes más pesados sino que permite el escape de burbujas de aire y el reordenamiento molecular.

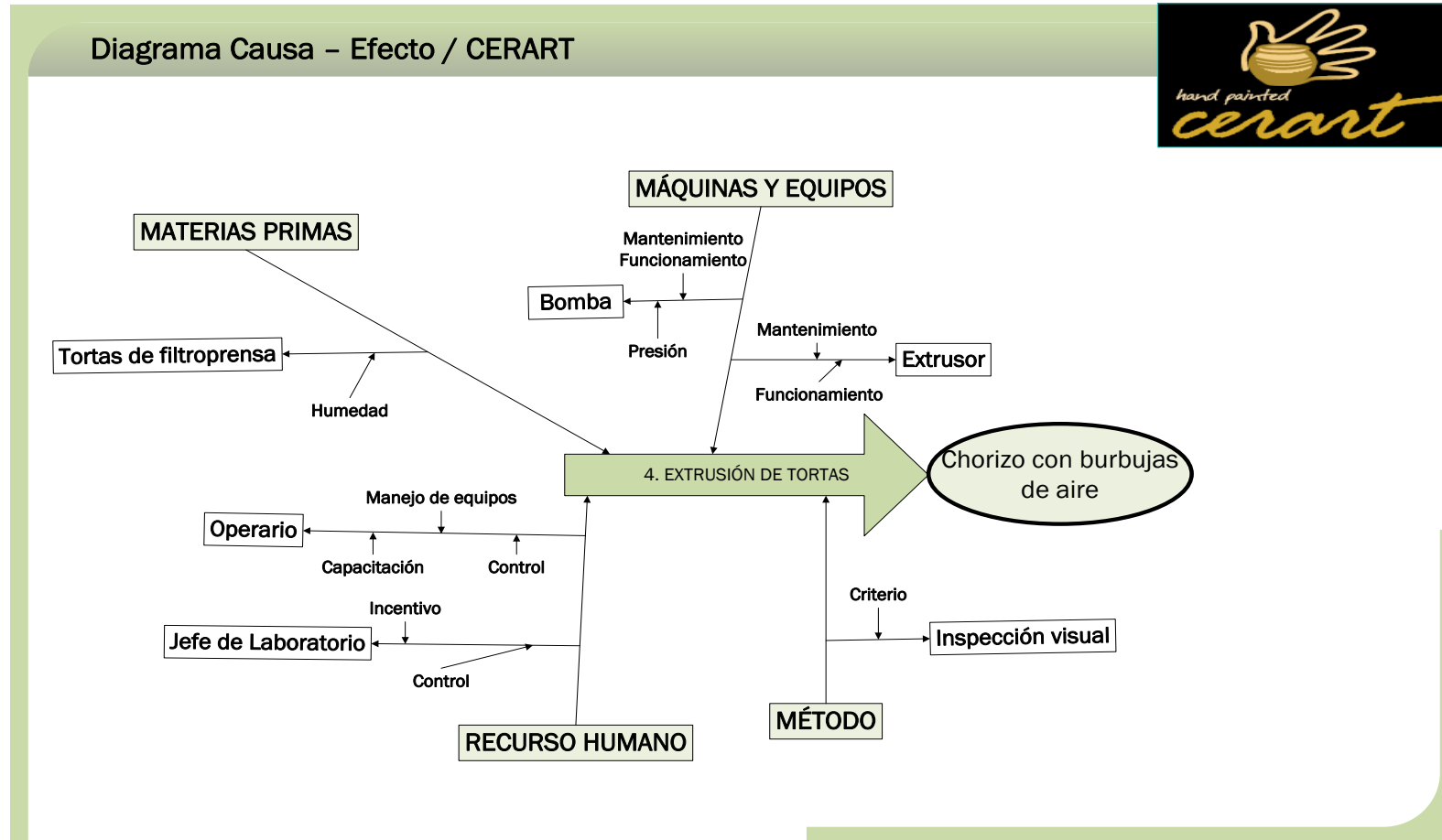
La medición del tiempo de mezcla para la pasta de colado en el blounger es de 1.5 horas para obtener una pasta homogénea y sin grumos.

La alteración de los resultados puede deberse a un mal uso o posición de la balanza, por exceder el peso permitido en la misma o porque el pesaje no se ha realizado en el centro del platillo o porque este se encuentre sucio.

Para evitar errores en los resultados. El blounger y la cisterna N°2 deben estar limpios y en óptimo funcionamiento, para que se mezcle uniformemente el material, además debido a la presencia de material contaminante proveniente del ambiente se recomienda que la cisterna no esté completamente tapada para evitar que la pasta se pudra.



Figura 4. Diagrama de Ishikawa de la extrusión de tortas



Elaboración: Las autoras.



● INTERPRETACIÓN DEL PASO CUATRO. EXTRUSIÓN DE TORTAS

Al final de este paso se requiere conseguir que el chorizo (producto de salida) este sin burbujas de aire, ya que estas provocan presencia de huecos en las piezas luego de la quema.

Cuando las tortas provenientes de la filtroprensa (producto de entrada) no tienen la humedad requerida que va desde 24 -28 %, ocasionan una demora en el proceso de extrusión, debido a que el chorizo en formación se pega en las paredes del equipo.

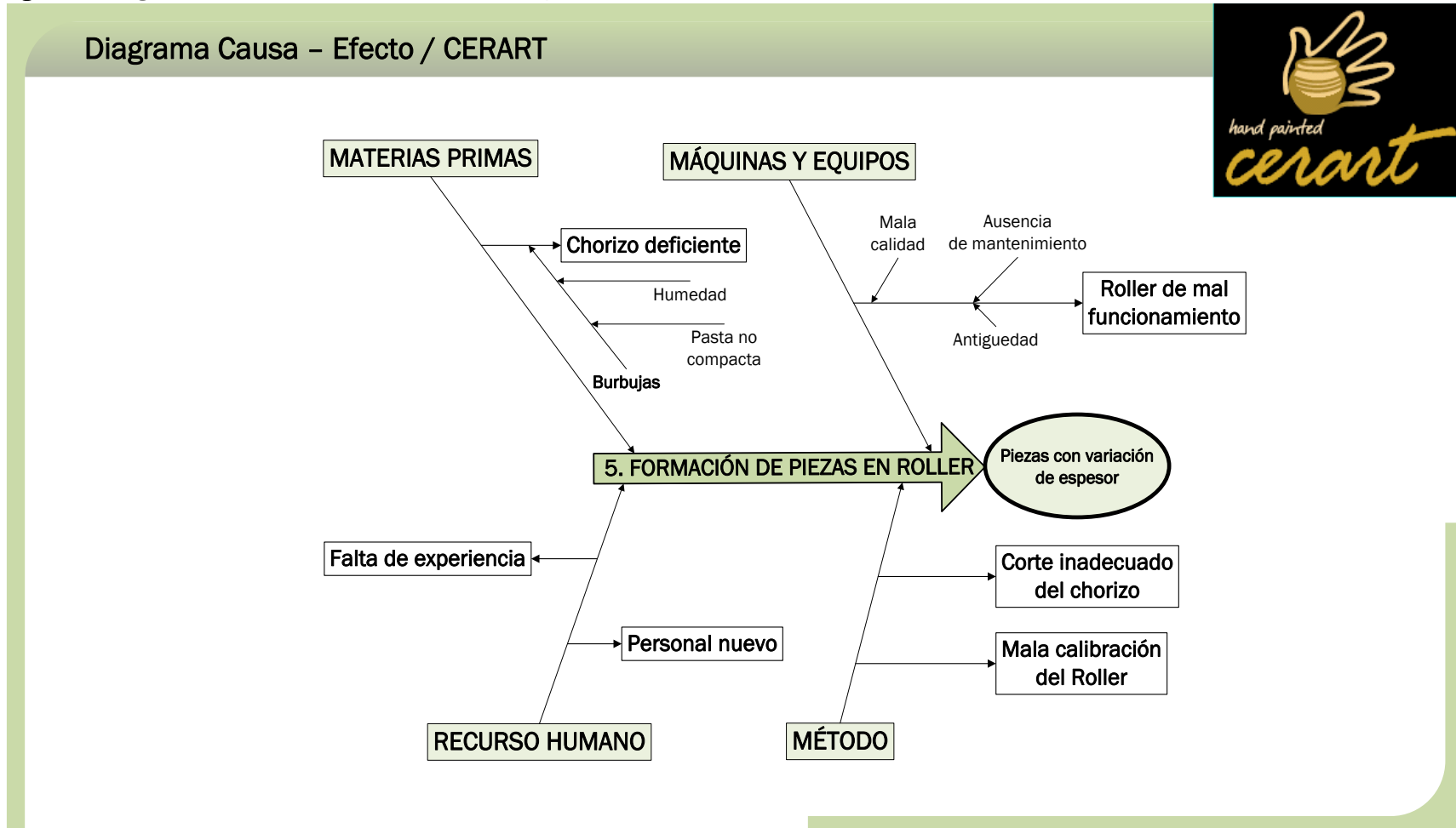
En cuanto a las máquinas y equipos; para que la pasta no contenga burbujas de aire, se necesita el uso de una bomba de vacío que acompañe al extrusor; la misma que debe operar a una la presión establecida de 0.75Kg/cm² para que no haya fugas (entradas de aire) que perjudiquen el propósito del proceso. Es importante que finalizado el trabajo se de mantenimiento al extrusor y verificar que estén aptos para ser usados nuevamente.

El personal que desempeña este trabajo, tanto el operario como el jefe de laboratorio deben estar capacitados e incentivados a realizar un buen trabajo y control en las propiedades de las tortas.

Referente al método, se realiza una inspección visual al momento que el chorizo formado sale del extrusor verificando que tenga la medida adecuada para cada propósito y evaluando que estén dentro de los criterios de aceptación (compactación, homogeneidad, sin trizaduras ni burbujas y plasticidad adecuada).



Figura 5. Diagrama de Ishikawa de la formación de piezas en roller



Elaboración: Las autoras.



● INTERPRETACIÓN DEL PASO CINCO. FORMACIÓN DE PIEZAS EN ROLLER.

En la etapa de formación de piezas en roller uno de los problemas que se ha podido visualizar es que las piezas no presentan el mismo espesor unas a otras entre las que destacamos: El plato postre y el plato tendido deben tener un espesor de ala y de pie de 6.3 mm, el plato tinto un valor de 4.7 mm, el plato base un espesor de 6.5 mm, el plato sopa de 4 - 4.5mm en el ala y de 5 - 5.5 mm. de pie.

El producto que ingresa al roller es el chorizo, el cual debe estar sin burbujas de aire porque puede originar que los bordes de las piezas no tengan el mismo espesor unas a otras, por eso en ciertos casos es recomendable realizar una doble extrusión para obtener una pasta más compacta.

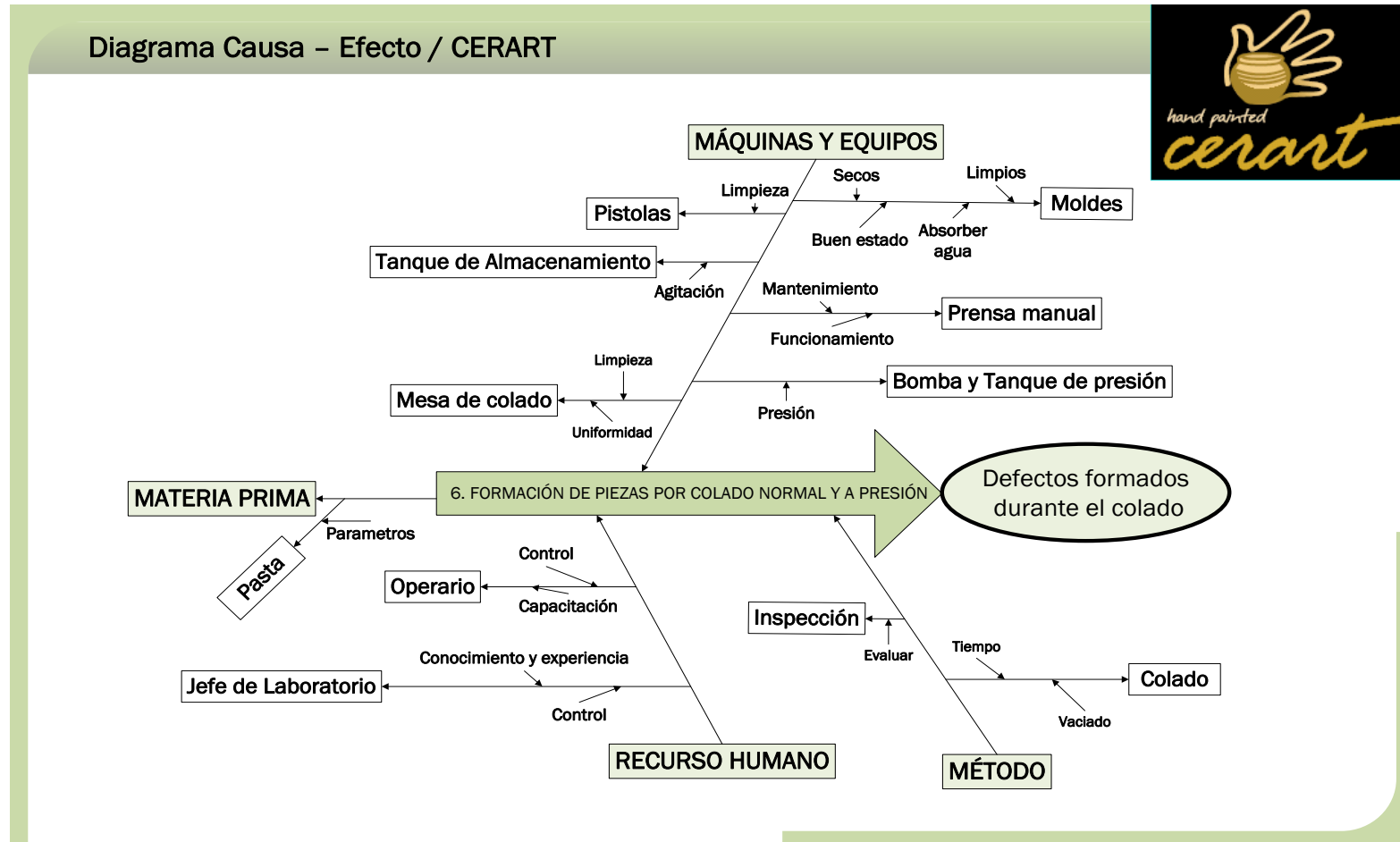
Además el equipo es muy importante en esta etapa, el roller que posee actualmente la planta lleva algunos años en funcionamiento por lo que debido a su antigüedad se descalibra fácilmente ocasionando el problema.

El operario encargado de elaborar las piezas en roller es parte fundamental del proceso porque al hacer uso del equipo debe realizar una calibración de la velocidad, tanto del cabezote en donde va asentado el molde como del freno del roller para evitar defectos en las piezas.

El método de trabajo sugiere que el operario calibre adecuadamente el roller cuantas veces sea necesario para obtener una uniformidad en cada lote de piezas.



Figura 6. Diagrama de Ishikawa de la formación de piezas por colado normal y a presión



Elaboración: Las autoras.



- INTERPRETACIÓN DEL PASO SEIS. FORMACIÓN DE PIEZAS POR COLADO NORMAL Y A PRESIÓN

El propósito de esta etapa es formar piezas por colado con características óptimas para el desarrollo del proceso.

Los defectos por colado que pueden presentarse son:

- *Punto de alfiler.*- Pequeños puntos debajo de la superficie hacia el molde de la pieza ocasionado por una fluidez baja.
- *Enroscado.*- Pequeñas arrugas que pueden darse por tixotropía muy baja y cuando la humedad esta baja.
- *Pieza quebradiza.*- Dificultad al momento de pulirla debido a una a tixotropía muy alta.
- *Mancha de colado.*- Mancha descolorida después de la quema ocasionada por tixotropía muy alta.
- *Rajado.*- Rajaduras en uniones se da por una tixotropía muy alta).
- *Lacidez.*- Se da por colado flojo y hay dificultades de manipular la pieza sin torcerla, lo cual se da por tixotropía muy alta.
- *Colado lento.*- Tiempo muy largo se da por fluidez muy baja y tixotropía muy baja.
- *Mal vaciado.*- Exceso de colado ocurre cuando la fluidez es muy baja o tixotropía muy alta.
- *Trizado.*- Se produce cuando al momento de corregir se agrega demasiada cantidad de agua o defloculante porque la tixotropía ha estado alta.

Se entiende por *tixotropía* una medida de como la pasta se va espesando con el tiempo y *fluidez* es una medida de la viscosidad de la pasta.

La pasta (producto de entrada) puede que no este dentro de los parámetros adecuados (humedad, viscosidad, tixotropía y densidad estándar), lo cual es responsabilidad del jefe de laboratorio ya que estas variables son importantes porque influyen en el acabado de las piezas coladas y en el producto final.

Este proceso puede ser afectado por tres factores principales: Primero la relación arcilla-agua (peso por unidad de volumen) de la barbotina, segundo el tamaño de grano de los constituyentes de la barbotina, que dependen de la etapa de molienda. Otro factor a considerar es la facilidad de extracción de la pieza colada del molde. Una barbotina excesivamente desfloculada tiende a pegarse al molde. Por



consiguiente es preferible producir una barbotina que tenga una buena fluidez, la cual depende de la cantidad de agua y defloculante (aditivo que disminuye la viscosidad) añadidos a la pasta.

Las máquinas y equipos que se usan para esta etapa en lo que respecta a colado normal, es necesario que el tanque de almacenamiento se mantenga en constante agitación para que las características de la pasta se mantengan fijas; es necesario contar con una mesa que sea uniforme y este limpia para que los moldes de yeso que se sitúan ahí tengan una buena ubicación y no se encuentren tambaleando lo que puede ocasionar un mal formado de piezas.

La pistola que se usa debe mantenerse limpia al igual que la manguera por donde recorre la pasta que se va a depositar en los moldes, ya que por la naturaleza tixotrópica de la barbotina pueden formarse acumulaciones de material a largo de la misma, y si con este material no homogéneo se carga el molde se producirá defectos en la pieza colada. Los moldes de yeso deben estar secos, en buen estado (limpios, libre de huecos o fallas) y deben tener la capacidad de absorber el agua de la pasta, puede darse que el molde ya este demasiado saturado con agua y por tanto el tiempo de colado no solo aumenta sino que además las piezas formadas tienen alta probabilidad de salir con burbujas. Además al momento de vaciar la pasta esta debe ocupar toda la capacidad del molde.

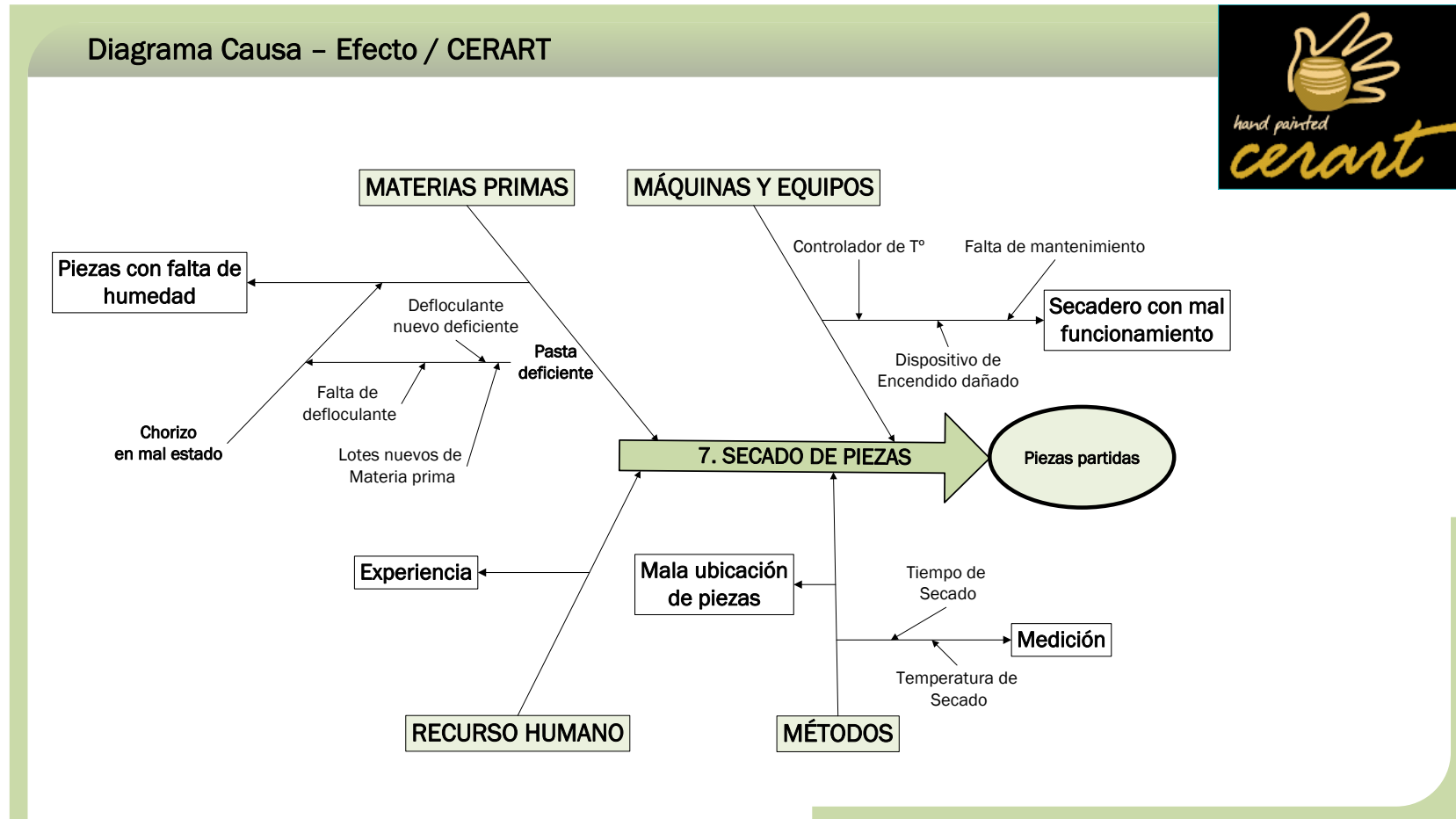
En el colado por presión que es un método no muy utilizado ya que el proceso es mayoritariamente por colado normal, dado lo irregular y variable de las formas y tamaños de las piezas. En este método básicamente se usa la prensa manual que debe estar en buen estado (limpia, funcionando) y la bomba y el tanque a presión que deben mantenerse en la presión de trabajo requerida y debe ser controlada al momento de su uso.

Las personas que desempeñan este trabajo, tanto el operario como el jefe de laboratorio deben estar capacitadas e incentivadas a realizar un buen trabajo y control sobre los parámetros que debe reunir la pasta de colado.

Se debe realizar una inspección visual y aquellas piezas que cumplen con los valores de inspección pasan a la siguiente etapa. Dependiendo del tipo de pieza debe verificarse el tiempo adecuado de colado.



Figura 7. Diagrama de Ishikawa del secado de piezas



Elaboración: Las autoras.



● INTERPRETACIÓN DEL PASO SIETE. SECADO DE PIEZAS

En el secado de piezas se evidenció que de un total de piezas producidas en el roller el 15 % de ellas se parte a 20 minutos de haber permanecido en el secadero.

El producto de entrada al secadero son las piezas que provienen del roller, las mismas que pueden tener una variación en la humedad originada porque el chorizo no estaba en óptimas condiciones o porque el chorizo que se coloca en el roller contienen aire o puntos huecos, lo cual puede originarse por una deficiencia en la pasta debido a que se utilizaron nuevos lotes de materia prima, además porque el defloculante óptimo (Spink) se puede agotar ó el nuevo (Silicato de sodio) es deficiente, o por una falta del mismo.

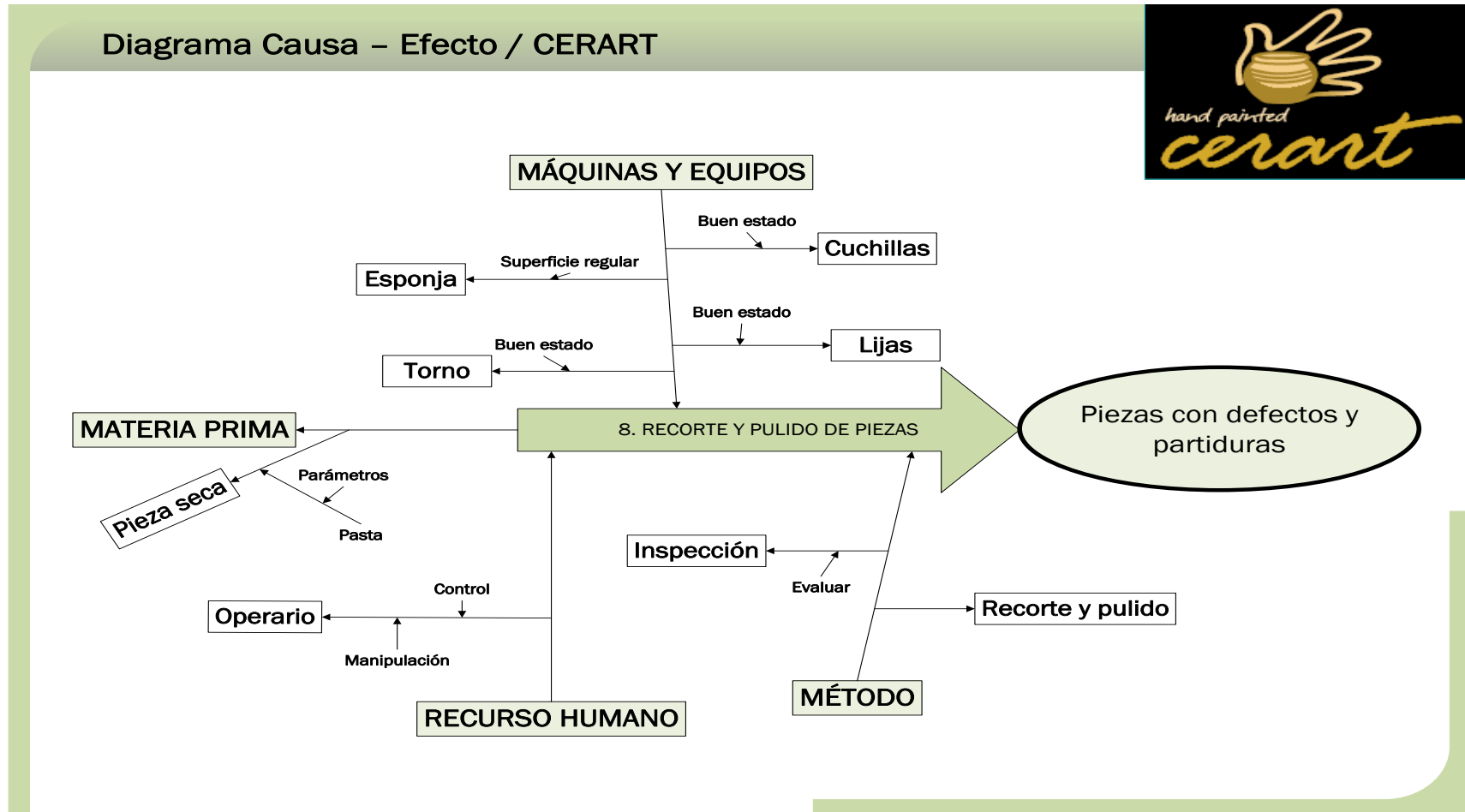
El secadero deberá funcionar satisfactoriamente y necesita un constante mantenimiento. Actualmente el dispositivo de encendido se encuentra dañado por lo que se requiere mediante un trabajo manual acercar una mecha por la parte superior hacia la entrada de gas del secador, lo cual puede causar serios accidentes para el operario.

El calor del secadero debe ser lo suficientemente seco y caliente no sólo para eliminar el agua procedente de la pieza y del ambiente, sino también para suministrar la energía en forma de calor, que necesita esa agua para evaporarse. El equipo debe estar regulado a una temperatura de 40°C, en donde las piezas se someten durante 30 min, saliendo con una humedad de 20-24% que permite que se desprendan solas del molde y puedan continuar con el ciclo de secado al ambiente. Se dispone de ventiladores en el área para facilitar y acelerar el tiempo de secado. Las piezas deben permanecer mínimo por un día en la estantería antes de ingresar al horno, porque si aún están húmedas pueden ocasionarse explosiones debido a la violenta evaporación del agua contenida en la pieza.

El operario debe saber como manipular el equipo. Las piezas deben colocarse adecuadamente verificando que la distribución de gases calientes en todo el equipo sea uniforme, evitando la aglomeración o el pegado entre ellas.



Figura 8. Diagrama de Ishikawa de recorte y pulido de las piezas



Elaboración: Las autoras.



- INTERPRETACIÓN DEL PASO OCHO. RECORTE Y PULIDO DE PIEZAS

El objetivo al final de esta etapa es alcanzar es que las piezas formadas ya sea por colado y / o torno estén sin defectos y sin partiduras.

Cabe señalar que las piezas que entran al proceso de recorte deben ser del día anterior, ya que, si están muy frescas pueden deformarse por el manejo y si están demasiado secas pueden despostillarse y generarse trizaduras y las cuchillas se desgastarían con mayor facilidad.

Es importante que los parámetros de la pasta de las piezas estén dentro de los estándares requeridos.

Para el recorte se usa cuchillas que deben encontrarse en buen estado, caso contrario puede haber un mal recorte y se daña la pieza. En el pulido se utiliza agua, vileda, esponjas, cuchillos y lijas; estos deben estar en buen estado con superficies uniformes y dar lugar a piezas lisas; cuando se utilizan las esponjas se requiere humedecerlas con agua para ello se debe realizar cambios continuos de agua ya que esta se ensucia y alcanza una turbidez que si no se la cambia va a dañar el resto de piezas. En el caso de los platos estos ya vienen recortados del torno para ello debe revisarse que las cuchillas del mismo estén en buen estado.

El operario que realiza este trabajo, debe manipular bien la pieza y realizar un control tanto en las piezas como en sus instrumentos de trabajo, debe estar relajado para conseguir que las piezas sean parejas y lisas.

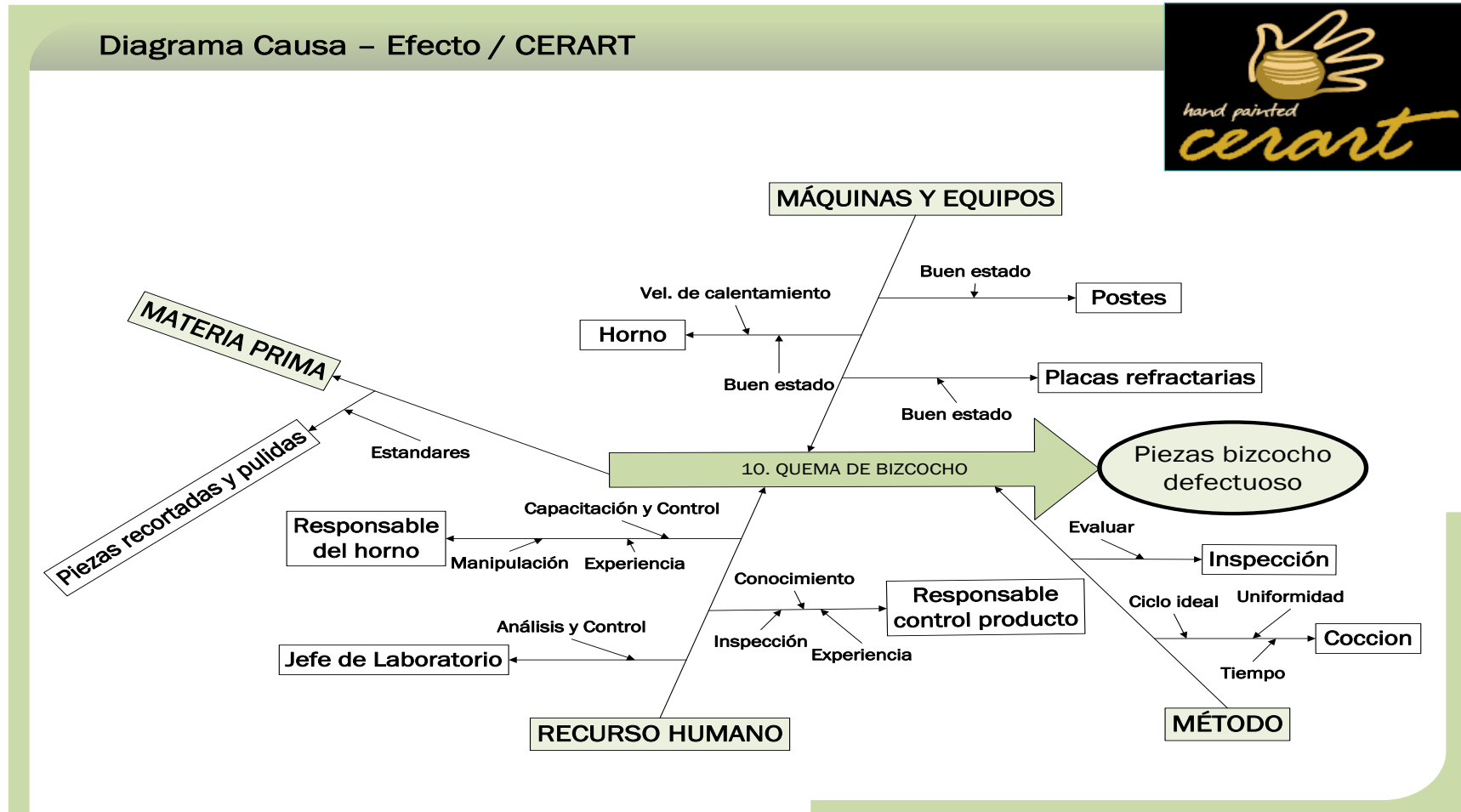
Referente al método, deben evaluar las piezas buenas de las defectuosas para que pasen a la siguiente etapa.

- INTERPRETACIÓN DEL PASO NUEVE. ADICIÓN DE LOGO YAPACUNCHI

En esta etapa se coloca el calco con el logo Yapacunchi a cada una de las piezas pulidas, lo que no genera ningún tipo de problema por ser un trabajo bastante sencillo.



Figura 9. Diagrama de Ishikawa de la quema de bizcocho



Elaboración: Las autoras.



● INTERPRETACIÓN DEL PASO DIEZ- QUEMA DE BIZCOCHO

Al terminar este paso se quiere obtener piezas sin defectos (trizado, torcido, despostillado).

Las piezas que entran a este proceso deben estar bien pulidas y selladas correctamente con el logo de la empresa.

El horno debe estar en buen estado (fibra cerámica apta) y calibrada la velocidad de calentamiento, ya que la etapa de cocción es un paso muy importante, ya que de esta depende gran parte de las características del producto cerámico: resistencia mecánica, estabilidad dimensional, resistencia a los agentes químicos, facilidad de limpieza, resistencia al fuego.

El proceso de cocción consiste en someter a las piezas a un ciclo térmico, durante el cual se dan una serie de reacciones químicas provocando cambios en la microestructura y en las propiedades finales de la pieza.

Las variables fundamentales a considerar en esta etapa son, el ciclo térmico y la atmósfera del horno (el encargado del horno debe llevar una estadística de temperatura Vs. tiempo para revisar que se dé la curva de cocción, caso contrario calibrar el horno adecuadamente; y ayudarse de otras herramientas (conos normalizadas) para controlar la quema).

El empleo de vagonetas desmontables, placas refractarias, postes deben disponerse adecuadamente ya que las piezas por no estar en el orden debido pueden presentar muchas fallas al final, es necesario asegurar un buen armado ya que al momento de transportar puede derrumbarse todo ocasionando pérdidas en lote.

El encargado del horno tiene una gran responsabilidad, es por ello que debe llevar una buena manipulación de las piezas, armado preciso y cuidadoso. Debe estar capacitado en manejar el horno (regirse en el manual del equipo).

El jefe de laboratorio debe controlar y tomar la decisión adecuada de pasar las piezas que cumplan con los estándares de calidad a la siguiente etapa. Referente al método, se debe evaluar y controlar que la quema este dentro del ciclo y tiempo de cocción adecuado.



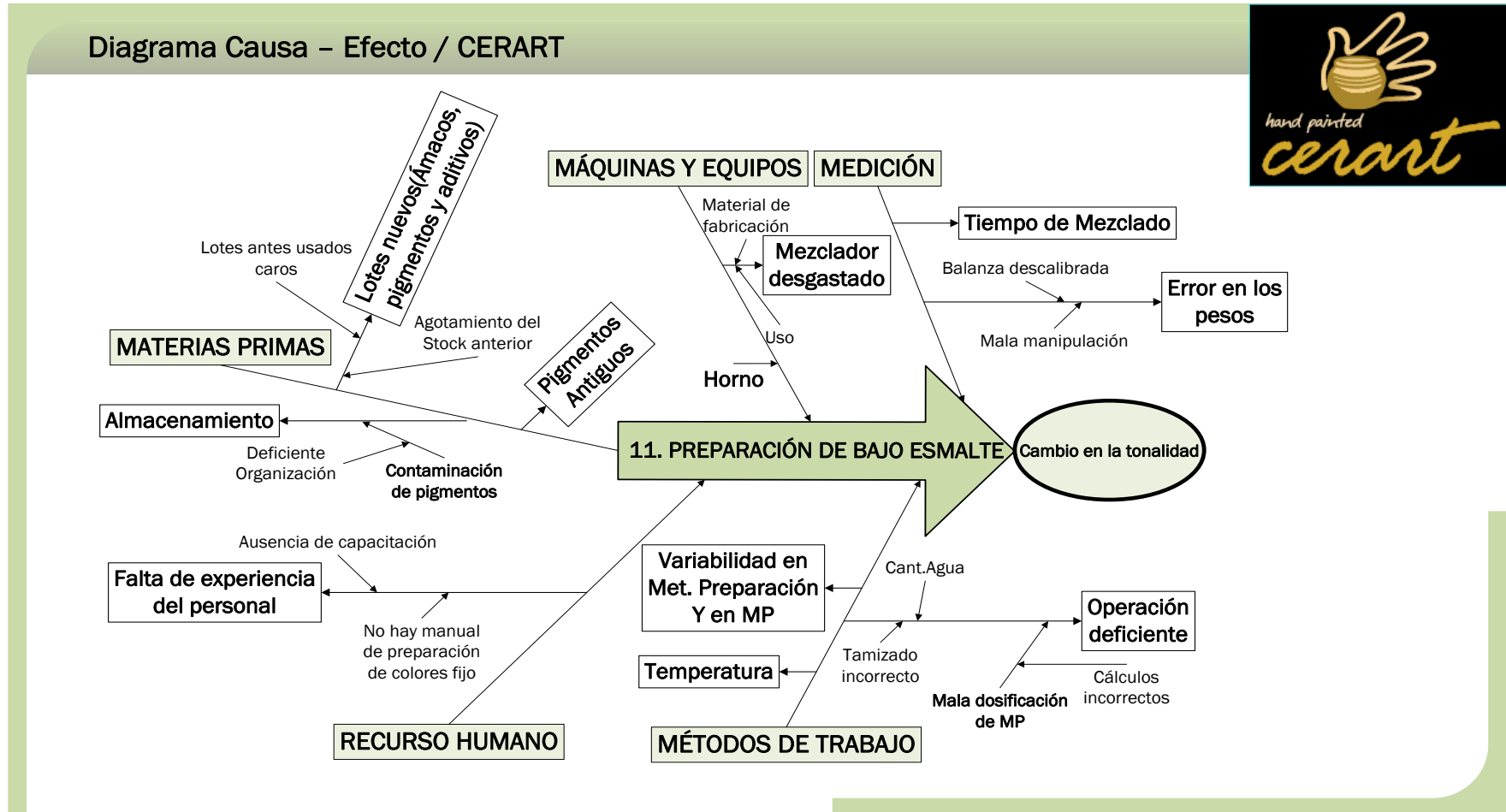
- PROCESO DE CONTROL DE PRODUCTO EN BIZCOCHO

En esta etapa, luego de la descarga de las piezas, se procede a su clasificación, es decir producto bueno y en defectuoso. Las piezas que no presentan fallo alguno continúan el proceso en el área de decoración donde se aplica el bajo esmalte, mientras que las piezas con defectos como: puntos negros, falta o exceso de quema, torceduras, partidos, despostillados, con asas mal pegadas y contaminadas son destinadas a los patios donde se recepta la materia prima para ser trituradas y recircular al proceso como *Chamota*.

Se lleva un control del porcentaje de piezas defectuosas así como de defectos. Cada semana se controla y regula la temperatura de quema mediante conos pirométricos.



Figura 10. Diagrama de Ishikawa de la preparación de colores bajo esmalte



Elaboración: Las autoras.



- INTERPRETACIÓN DEL PASO ONCE. PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE

En la etapa de preparación de colores bajo esmalte el defecto que puede darse es el cambio en la tonalidad de los colores.

Los colores generalmente son producto de una formulación entre ámacos, pigmentos, óxidos y otros aditivos, aunque existen casos en que solo se utiliza el ámaco. Últimamente se ha podido evidenciar que existe un agotamiento en el stock de los ámacos importados, por tanto los nuevos lotes tienen tonalidad diferente a los normalmente utilizados ó cuando se da el caso que el ámaco que es utilizado no se puede adquirir por su elevado precio, por lo que se requiere hacer nuevas formulaciones en las que se utiliza en vez de este una resina.

Además se ha dado el caso que se están utilizando pigmentos antiguos que no tienen buena coloración, ó por un inadecuado almacenamiento se han contaminado.

Existe variación en los colores preparados cuando la persona que realiza el proceso no conoce claramente y no hay establecida una formulación fija.

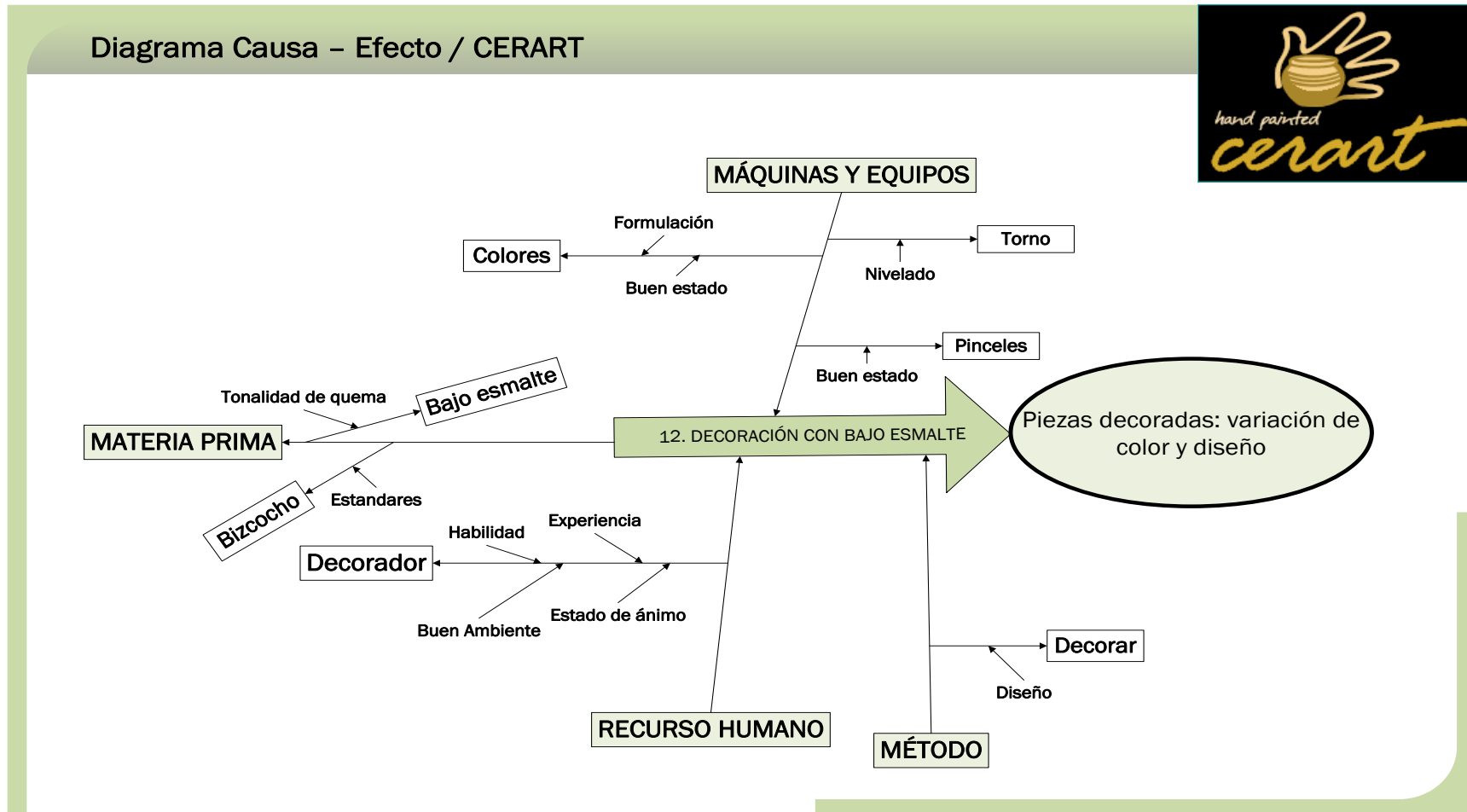
También puede influir el defloculante, ya que su función es permitir que el color se adhiera a la pieza, y si no es el adecuado puede aumentar la suspensión del color, la cantidad de agua, y que el tamizado sea correcto para que no existan grumos que puedan afectar la calidad de la pieza. En esta parte es importante que el tamiz esté en buenas condiciones generalmente se utiliza el N° 100 para que el color no arrastre consigo impurezas.

El mezclador debe estar en óptimas condiciones para que permita obtener un color homogéneo y consistente. Las pruebas en el horno son importantes en para verificar la tonalidad del color, ya que no todos los óxidos se funden a la misma temperatura y pueden dar tonalidades diferentes a las esperadas.

Se debe controlar el tiempo de mezclado para obtener un bajo esmalte con una coloración fija y que al momento de pesar ya sea el ámaco, pigmentos, óxidos, etc., haya mucha precisión. Esto puede verse afectado si la balanza está descalibrada, sucia, mal ubicada o en su caso el pesaje se ha realizado en los bordes del platillo o en el centro, además puede que la balanza haya estado contaminado con alguna sustancia, y no se haya limpiado o que se haya excedido el límite de pesaje permitido.



Figura 11. Diagrama de Ishikawa de la decoración con bajo esmalte



Elaboración: Las autoras.



- INTERPRETACIÓN DEL PASO DOCE. DECORACIÓN CON BAJO ESMALTE

Al final de ésta se obtiene piezas decoradas (producto de salida) de acuerdo a diseños establecidos.

Es necesario que tanto las piezas como el bajo esmalte a utilizarse en este proceso estén bajo los estándares establecidos, además que estén libres de polvo y sin manchas.

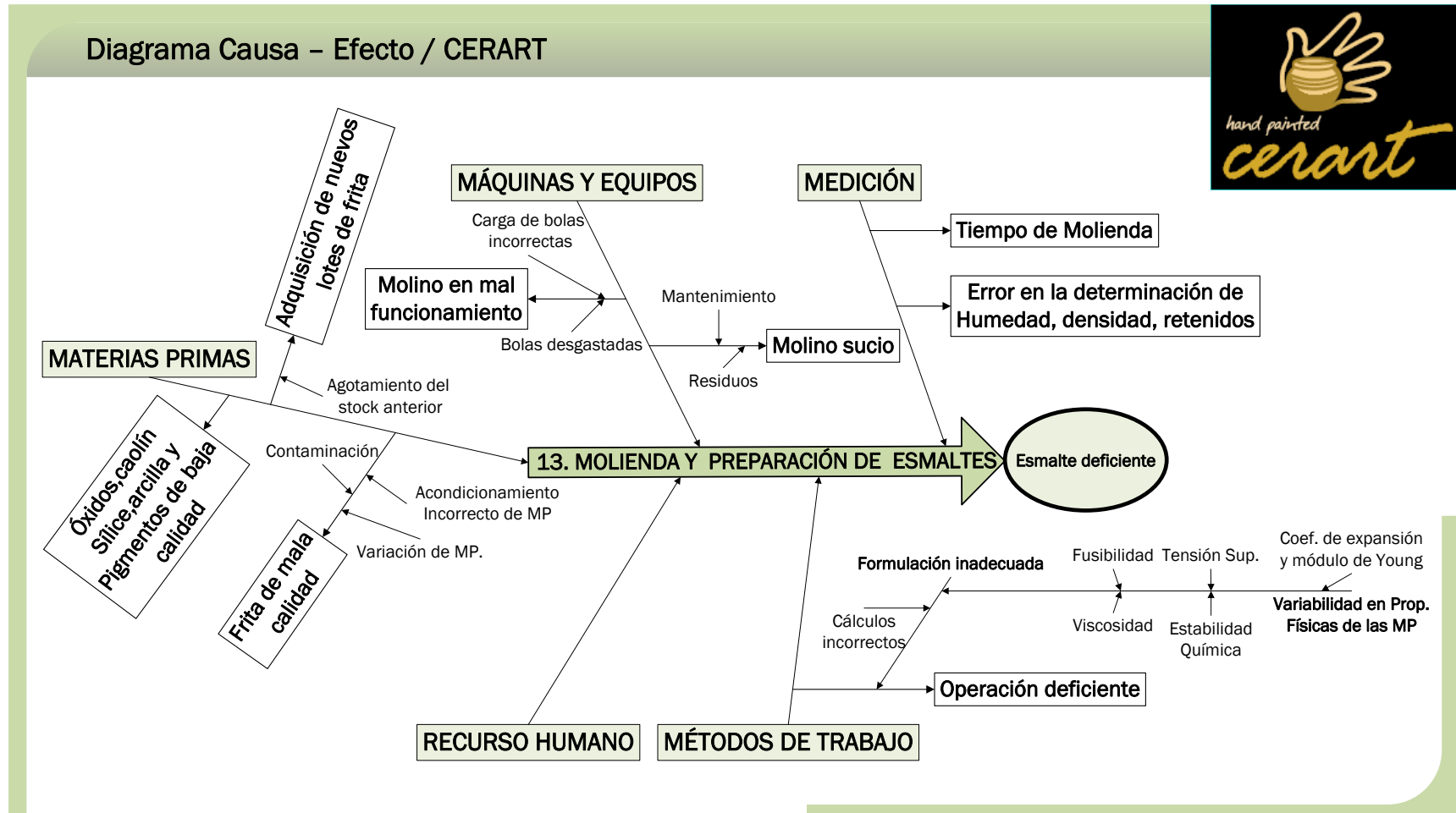
Los pinceles deben estar limpios, para que no haya variación en el color, si se utiliza torno debe estar bien nivelado para que el decorado sea satisfactorio. Los colores que se utilizan deben presentar la formulación correcta para que no haya variación entre lote y lote.

El decorador debe contar con la habilidad, experiencia, y buen ánimo y ambiente de trabajo logrando concentrarse y tener precisión para obtener diseños uniformes entre pieza y pieza.

El método a utilizar es decorar en función del diseño específico para obtener piezas satisfactorias. Es importante que al momento de colocar las piezas finales en las perchas no se las coloque muy unidas ya que pueden chocar y se daña el decorado.



Figura 12. Diagrama de Ishikawa de la molienda y preparación de esmaltes.



Elaboración: Las autoras.



- INTERPRETACIÓN DEL PASO TRECE. MOLIENDA Y PREPARACIÓN DE ESMALTES.

En esta etapa uno de los problemas que se ha evidenciado es que el esmalte (producto de salida) es deficiente lo que ha originado muchos defectos en el producto terminado.

El esmalte base es una frita molida más un agente de suspensión que es un caolín o una arcilla más un fundente que es un feldespató. A más de esto se añaden reactivos (Sílice, talco) para darle al esmalte propiedades específicas, acompañados de agentes floculantes como: CMC. De este se parte para hacer los esmaltes en varios colores. En esta etapa al igual que en otras se ha considerado que el equipo debe estar también en buen estado, mantener una limpieza para evitar contaminación con otro tipo de productos. La carga de bolas también debe considerarse para obtener una buena molienda, así como el tiempo que requiere la misma.

Los parámetros que se inspeccionan (humedad, densidad, retenidos), son ensayos que deben realizarse verificando que los equipos a utilizar tanto la balanza, probetas etc., estén en buen estado, limpios y secos. La variación de los resultados puede ser a consecuencia de un uso incorrecto de la balanza, una mala calibración o ubicación, un exceso de material pesado con respecto a la capacidad permitida o que el pesaje no se haya realizado en la parte central del platillo.

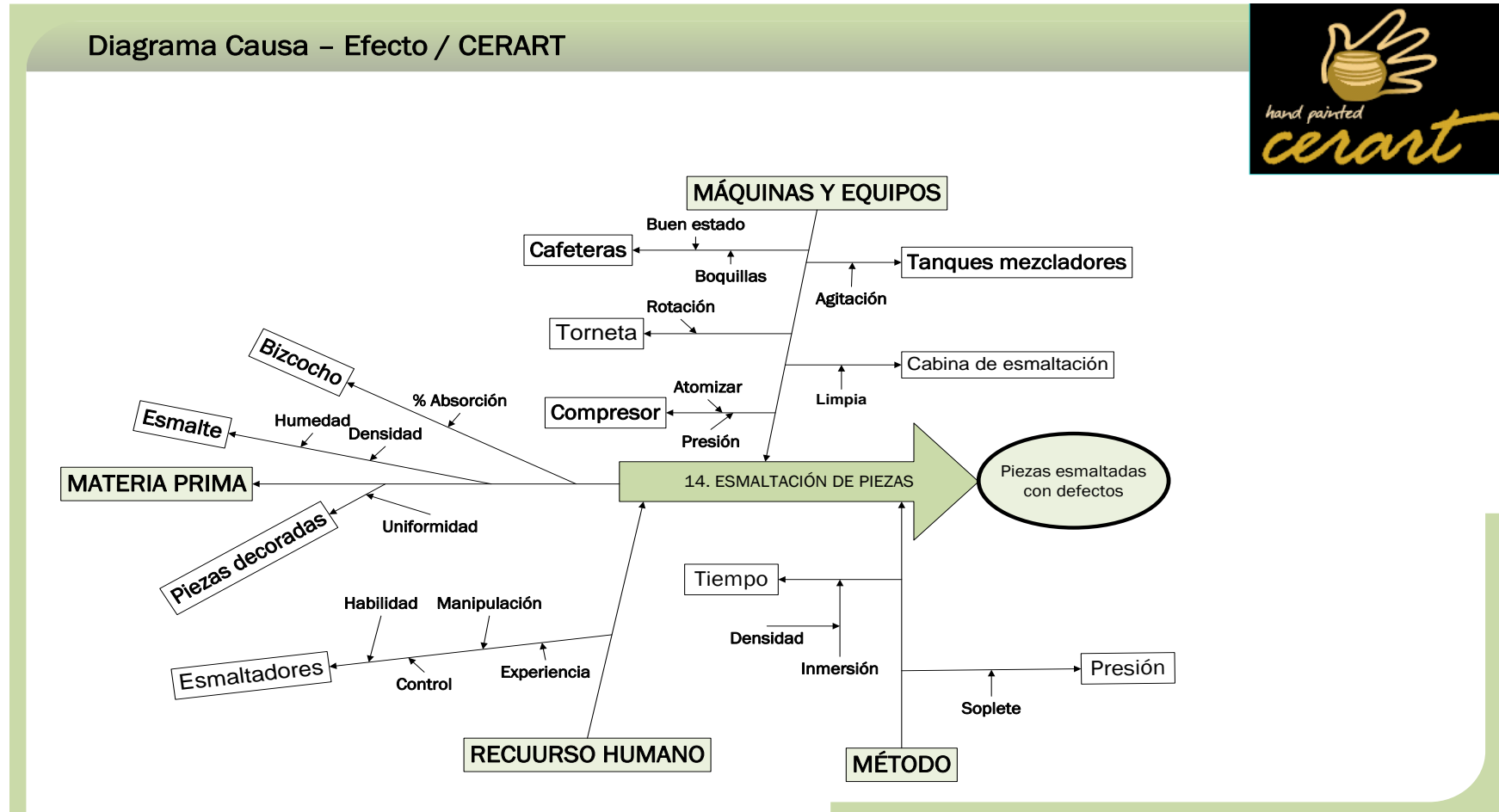
Así mismo, como en otros casos la frita que es el componente esencial del esmalte puede agotarse y los lotes nuevos de la misma pueden poseer propiedades diferentes al normalmente utilizado lo que sugiere hacer nuevas formulaciones y dosificaciones analizando las propiedades físicas y químicas de la frita y demás aditivos para obtener un esmalte de buena calidad.

Es importante que la frita que se utiliza al momento de recibirla verificar que está en buen estado y darle el debido acondicionamiento para evitar que se contamine de otros sólidos.

El personal encargado deberá conocer el proceso de molienda para realizar las operaciones correctamente, colocando bien las materias primas en el molino y en el momento indicado. El método debe ser claro y además se debe realizar pruebas previas del esmalte, analizando la tensión superficial, fusibilidad, viscosidad, elasticidad y módulo de Young y la estabilidad química del mismo.



Figura 13. Diagrama de Ishikawa de la esmaltación de piezas



Elaboración: Las autoras.



- INTERPRETACIÓN DEL PASO CATORCE. ESMALTACIÓN DE PIEZAS.

Los defectos que pueden darse es que la capa de esmalte no sea el adecuado, chorreado del esmalte, bordes de piezas sin esmaltar o partes de la misma e irregularidades de captación en la superficie de la pasta.

Es necesario que las piezas que entran a este proceso estén bajo los estándares establecidos (diseños decorados uniformes y acordes, bizcocho no defectuoso).

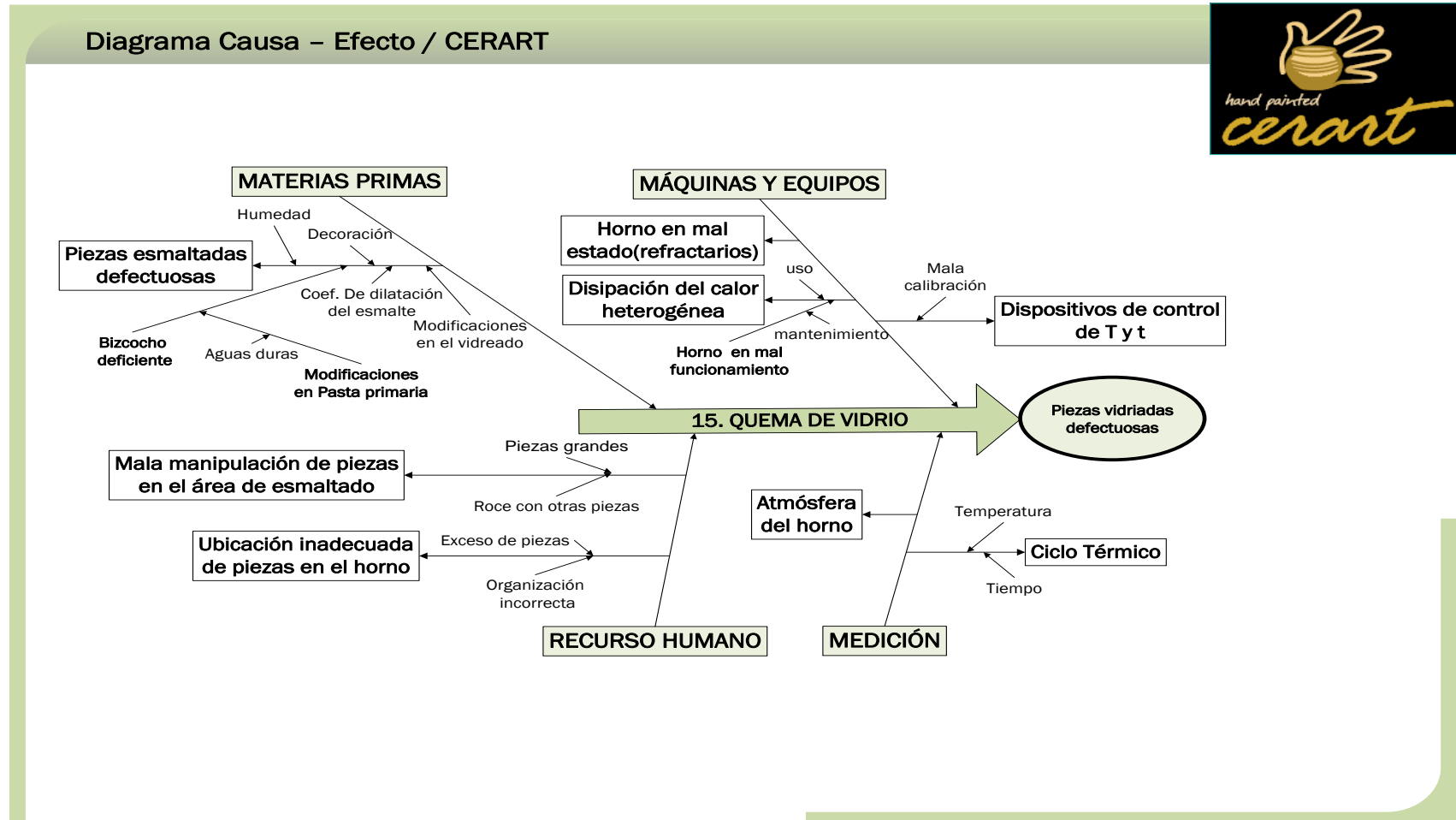
El esmalte debe tener los estándares requeridos (humedad, densidad) sino, las piezas luego de la quema presentan muchos defectos. La dilatación térmica del esmalte vitrificado tiene que ser ligeramente menor o igual al del bizcocho pero en ningún caso mayor, ya que haría que se cuartee o craquele la pieza y puede aparecer a la salida del horno o varias semanas después. Y si el bizcocho tiene mayor dilatación que el vidriado se da el desconchado o escamado ya que salta el esmalte.

Los tanques mezcladores deben mantener el esmalte uniforme mediante agitación constante. La cabina de esmaltación debe estar limpia para evitar la contaminación de las piezas. Las cafeteras deben estar en buen estado y las boquillas deben ser cambiadas para que no obstruya el paso del esmalte ó este ensanchada demasiado y tienda a cargar demasiado esmalte. La presión de aire del soplete debe ajustarse adecuadamente con el propósito de evitar que por exceso de la presión se demore más el proceso de esmaltación, puesto que sale mucho más aire que esmalte, además que una presión de aire demasiado fuerte puede provocar la caída de la pieza. La torneta debe ajustarse apropiadamente en el rulimán para que pueda girar. El agua del compresor debe purgarse, para que atomice adecuadamente.

El esmaltado que se realiza por inmersión depende de la calidad y características (consistencia) del esmalte y de la persona quién realiza esta operación. El tiempo de inmersión debe ser el apropiado, si el tiempo de inmersión es mayor la capa de esmalte puede ser más gruesa.



Figura 14. Diagrama de Ishikawa de la quema de vidrio



Elaboración: Las autoras.



● INTERPRETACIÓN DEL PASO QUINCE. QUEMA DE VIDRIO

En la etapa de quema de vidrio se pudo observar algunos defectos en las piezas como son: *El cuarteo* que es la aparición de una serie de grietas finas y profundas en el esmalte. *El descascarillado* que es un desprendimiento del esmalte en la pieza.

El cuarteamiento retardado que aparece luego de cierto tiempo después de que la pieza ha salido del horno. *La fisuración* que es el quebrantamiento de la capa de esmalte y el soporte. *Las roturas* que es la desintegración de la pieza en dos o más pedazos.

Las explosiones que son reventones locales de la superficie del soporte. *Las Ampollas* que se evidencian con la aparición de burbujas más o menos grandes en la superficie del esmalte.

Las hinchazones que son un abultamiento más o menos grande que tiene lugar en las arcillas o esmaltes por desprendimiento o por efecto de la ebullición del esmalte en su punto de fusión. *Las ondulaciones* que es cuando la superficie del esmalte aparece ondulada. *Las arrugas* que se presentan cuando debido a la irregularidad de la superficie del esmalte ésta se acumula dejando otras zonas con menos esmalte.

El escurrimiento o chorreado, que aparece cuando hay exceso de fluidez en el esmalte a la temperatura dada, agrupándose generalmente en los bordes de las piezas, el defecto por *suciedad* se trata de partículas refractarias que aparecen en la superficie del esmalte de la pieza cocida. *El crudo o recogido*, que se presenta cuando el esmalte se acumula en algunas secciones de la pieza.

La pérdida de brillo, puede evidenciarse cuando la superficie del esmalte tiene un aspecto mate o satinado. *El color no uniforme* aparece cuando al observar el esmalte se aprecian pequeñas aglomeraciones de color de tamaño de punta de aguja o mayores.

Las variaciones de color se presentan cuando las piezas esmaltadas con un mismo esmalte aparecen con otra tonalidad. *La extrucción de colores bajo esmalte* se muestra cuando el color del pigmento, engobe coloreado o esmalte usado debajo de otro, desaparece o se alteran frecuentemente.



La pérdida de transparencia es producida por la formación de cristales en la superficie del esmalte. *La volatilización* es la vaporización de materiales a altas temperaturas. El *ahumado* se presenta cuando la pieza esmaltada, se recubre con una delgada capa de humo, mostrándose empañada.

El núcleo negro se presenta en el interior de la pieza y se aprecia exteriormente cuando ésta explota. *Las florescencias* son una espuma superficial (blanca) que se forma durante o después de la cocción.

Para que la pieza esmaltada ingrese al horno debe permanecer en la zona de carga mínimo unas 24 horas para ayudar a el secado de la capa de esmalte, sino se produce una evaporación violenta del agua, que puede producir posteriormente defectos en la superficie de las piezas esmaltadas cocidas, además que se produce oxidación de la carcacha metálica del horno. Además pueden surgir defectos debido a una humedad inadecuada de la pieza esmaltada, el coeficiente de dilatación del esmalte puede variar con respecto al de la pasta, así también puede que existan fallos por una mala decoración de las pieza o porque el bizcocho utilizado es deficiente.

Además en la pasta puede haber presencia de aguas duras lo cual deteriora la calidad de las piezas. Así mismo es posible que estos defectos se produzcan por causa de modificaciones en la pasta o en el vidreado.

La naturaleza de la capa de esmalte resultante es esencialmente vítrea, aunque incluye en muchas ocasiones elementos cristalinos en su estructura.

Es importante que el horno esté regulado para cumplir con cada período del ciclo de cocción: Período de humeación, período de pre-cocción, período de pleno fuego, periodo de terminación y periodo de enfriamiento, el último es muy esencial, ya que las piezas vidriadas son descargadas del horno al siguiente día cuando la temperatura de este oscila de 32 a 35°C para evitar roturas por el cambio brusco de temperatura. El ciclo térmico se efectúa a 1090°C con un tiempo de duración de 12 horas (9 horas de quema y 3 de requema).

El equipo requiere de mantenimiento e inspección. Cada 3 meses la temperatura de cocción se controla mediante el uso de conos pirométricos en algunas áreas del horno para establecer una correcta disipación del calor y un buen funcionamiento



del horno. Además se debe verificar el buen estado de las planchas refractarias del horno porque debido al uso pueden desgastarse o romperse.

El personal encargado de las piezas que van a ingresar al horno deberá tener sumo cuidado para no rozar mucho las piezas de manera que se pueda retirar algo del esmalte de la misma, o que luego de la quema las piezas queden pegadas entre sí, así mismo en el área de esmaltado las piezas grandes a esmaltar deberá hacérselo con gran habilidad y cuidado teniendo en cuenta que no haya una falta o un exceso de esmalte por efectos del soplete o por manipulación al momento de la inmersión.

Al colocar las piezas en el horno se lo debe hacer de forma organizada sin rozar unas con otras, verificando que la carga de piezas sea homogénea en cada piso del horno. Dado que al esmaltar las piezas se cubren en su totalidad, es necesario limpiar sus bases, caso contrario quedarán pegadas al refractario luego de la quema y puedan romperse.

PROCESO DE CONTROL DE PRODUCTO TERMINADO (VIDRIO)

En esta etapa después de cada quema se procede a descargar la vagoneta, clasificando las piezas en buenas y defectuosas. Las piezas defectuosas pueden seguir dos caminos: Las que tienen fallas susceptibles como un leve despostillado pueden corregirse en el área de recorte y pulido, caso contrario, si la falla ya no puede corregirse y de acuerdo a la gravedad se considera como pieza de *segunda* y si presenta *fallos* que hacen la pieza inutilizable se considera de *tercera*.

Las piezas *buenas* (Tipo A) pasan a decoración de calcomanía y lustre, conforme a órdenes de producción y bajo pedido.

Con la etapa de clasificación y embalado finaliza el proceso de fabricación del producto cerámico. La clasificación se realiza mediante sistemas manuales y visión superficial de la pieza y el resultado de este proceso es un producto controlado en cuanto a su regularidad dimensional, aspecto superficial y características mecánicas y químicas requeridas.

Si la selección se efectúa visualmente, todas las piezas pasan por una mesa de selección separando manualmente a una segunda y tercera línea las piezas defectuosas. Estas líneas terminan en unos apiladores que van formando paquetes de piezas que son posteriormente almacenadas de forma manual en bodega para su



ulterior embalaje y transporte según se indique en el departamento de ventas.

CLASIFICACIÓN DE PIEZAS DE ACUERDO AL DEFECTO

TIPO A: Piezas sin defectos en muchos de los casos o con defectos bastante pequeños.

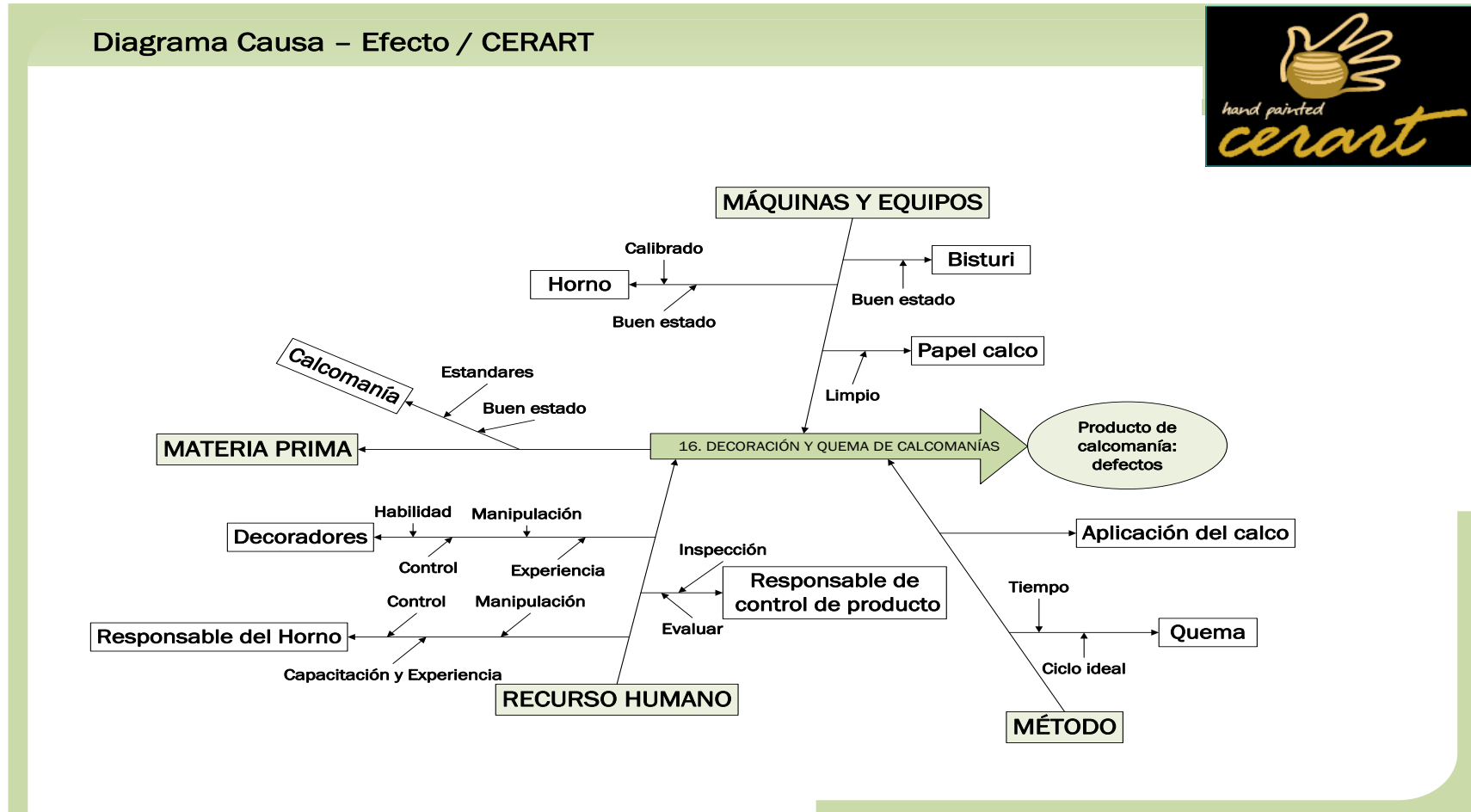
TIPO B: Piezas que presentan un exceso o una falta de esmalte, despostillados, piezas con lechosidad o en las que no ha fundido bien el esmalte y no resalta el color, puntos negros, piezas con defectos por manipulación, piezas con chorreado leve, piezas pegadas entre sí con un mínimo desprendimiento del vidrio o del bajo esmalte, pérdida de brillo, piezas con variaciones en el color y piezas que presenten de 2-3 ampollas.

TIPO C: En este grupo se encuentran aquellas piezas con defectos mayores como son: Trizaduras profundas, craquelados, escamas, hervido del esmalte, despostillado y chorreado abundante, recogido del vidrio, cuarteamiento retardado, presencia de gran cantidad de ampollas, hinchazones y arrugas.

Cabe señalar que las piezas con defectos como partidos y con defectos muy críticos se dan de baja y se desechan.



Figura 15. Diagrama de Ishikawa de la decoración y quema de calcomanías



Elaboración: Las autoras.



- **INTERPRETACIÓN DEL PASO DIECISEIS. DECORACIÓN Y QUEMA DE CALCOMANÍAS**

Es necesario que las piezas con calcomanía que entran a este proceso estén bajo los estándares establecidos (sin defectos causados por la etapa de esmaltación), es necesario que estén libres de polvo para poder aplicar el calco.

Al aplicar el calco utilizan bisturí con el que cortan el papel, este debe estar en buen estado (afilado, limpio). El horno al momento de la quema, tiene que estar calibrado y graduado a la temperatura de trabajo óptima para esta parte del proceso y el producto final este dentro de lo requerido.

El equipo humano desarrolla un trabajo importante, ya que de ellos depende en gran parte la calidad del producto que sale de esta etapa. El decorador debe contar con la experiencia y la habilidad de colocar el calco adecuadamente. De igual manera el responsable del horno debe estar atento y predispuesto a realizar un buen trabajo usando su habilidad, experiencia y capacitación para manejar bien el equipo de quema. El responsable de controlar el producto debe revisar e inspeccionar el producto para ello debe tener conocimiento, capacitación de evaluar los defectos ya que sería pésimo que se distribuya al público piezas con defectos.

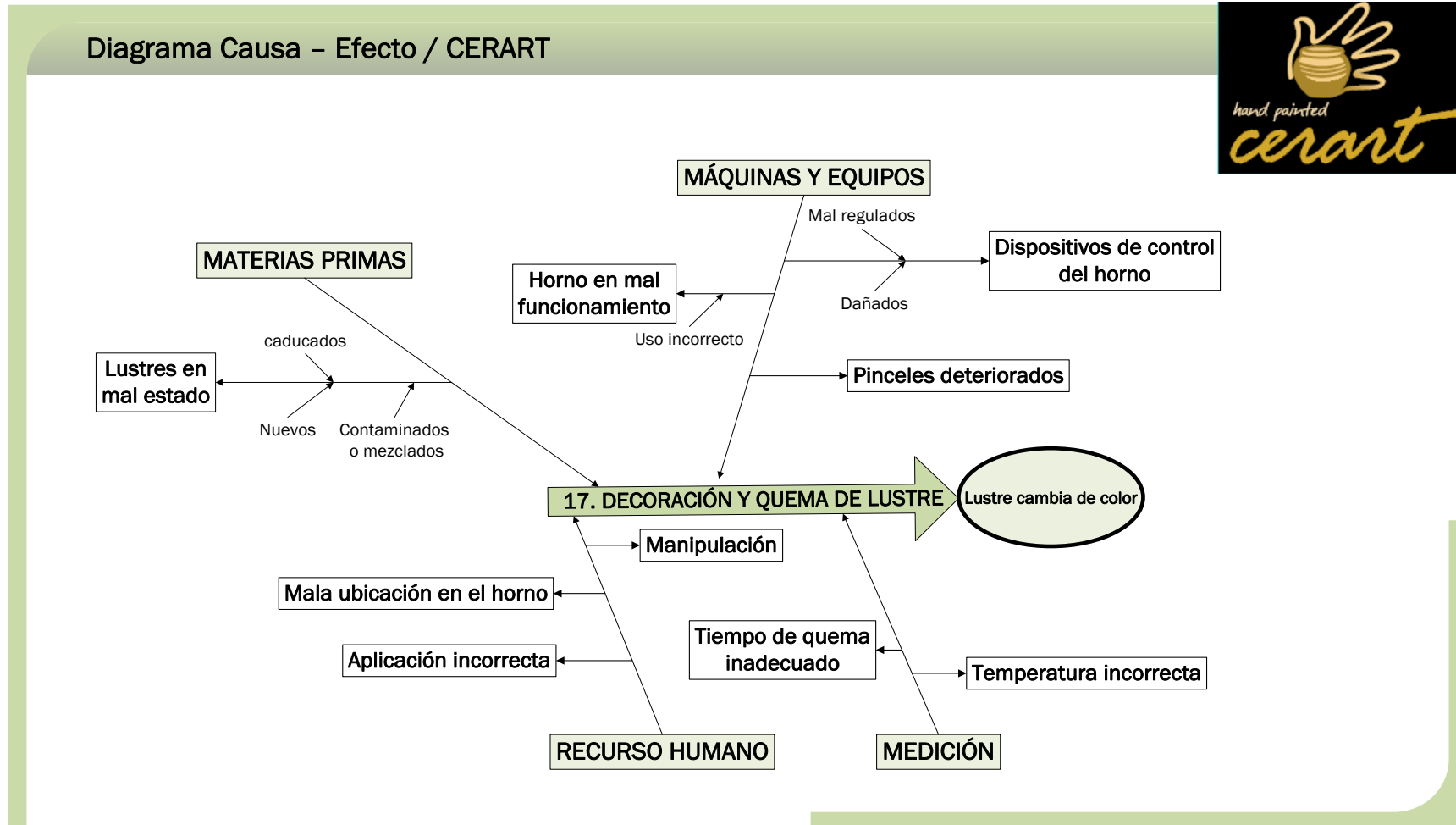
PROCESO DE CONTROL DE PRODUCTO VIDRIADO Y CON CALCOMANÍA

En este punto la pieza con calcomanía que ha sido quemada, recibe un control visual para determinar la existencia de alguna irregularidad que afecte gravemente la calidad de las piezas. Este tipo de productos sólo se realizan exclusivamente bajo pedido, de allí que si luego de la quema se aprecia una variación en el color del calco es un fallo muy leve y puede continuar el proceso hasta su entrega al cliente.

En otro caso, por efectos de aplicación la calcomanía puede deformarse y torcerse y no pasa el control de calidad. Así mismo si no se ha retirado el exceso de agua que existe al pegar la calcomanía y no se evita la presencia de burbujas entra la pieza y el calco, luego de la quema ésta revienta y se debe dar de baja.



Fig. 16. Diagrama de Ishikawa de la decoración y quema de lustre.



Elaboración: Las autoras



- INTERPRETACIÓN DEL PASO DIECISIETE. DECORACIÓN Y QUEMA DE LUSTRE

En lo que respecta a la decoración y quema de lustre, un problema no muy frecuente es el cambio de color en el lustre después de la quema.

Aquí es importante que el horno funcione adecuadamente, que los dispositivos de control del mismo estén en perfecto estado, además en cuanto a la decoración con lustre debe verificarse que los pinceles estén limpios y que no estén deteriorados por el uso para que la aplicación del lustre sea óptima y eficiente.

En lo que respecta a la materia prima, los lustres que se están utilizando pueda que sean deficientes y de mala calidad, que estén caducados, mezclados o que a su vez tenga propiedades físicas y químicas diferentes a los que se ha utilizado anteriormente.

El personal deberá tener destreza para aplicar el lustre adecuadamente. Al momento de cargar las piezas en el horno se debe cuidar que no haya fallos por manipulación que alteren el lustre como el contacto con la piel.

También se debe organizar las piezas en el horno para que la quema sea perfecta. La temperatura de quema del lustre se encuentra en los 800°C y el ciclo tiene una duración de 3 horas, sin requema.


PROCESO DE CONTROL DE PRODUCTO VIDRIADO CON LUSTRE

Mediante un control manual y visual de los productos con lustre, se pueden evidenciar aquellos fallos que disminuyen la calidad, es decir aquellos productos que presenten un hervido en el lustre luego de la quema no continúan con el proceso de almacenaje, de igual forma si al aplicar el marmolizante sobre lustre que generalmente es oro, cobre o algún otro metal, produce una pérdida de brillo afectando la decoración y elegancia de la pieza se debe desechar y no es un producto que satisface los requerimientos del cliente.



FORMATOS AMFE DE LA LÍNEA YAPACUNHI

Cuadro 1. Formato AMFE de la preparación y molienda de materias primas

 ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI			DE PROCESO		REV. N°	0		FECHA	Agosto / 08.		
			DE PRODUCTO								
ENTRADA	PROCESO		PRODUCTO		ESPECIFICACIÓN	ACTUAR SOBRE NPR > QUE			RESPONSABLE:		
Materias Primas y Aditivos Aprobados	Preparación y Molienda de Materias Primas		Pasta Primaria		Rangos de análisis en lab., Especificaciones de la MP	100			Melva Masache Gabriela Armijos		
1. Nombre del Producto	2. Operación ó función	3. Modo de Fallo	4. Efectos de Fallo	S 5	G 6	7. Causas del Fallo	O 8	9. Controles actuales	D 10	NPR 11	12. Acción correctora
Preparación y Molienda de MP				10	▽	Mala recepción y almacena_miento de Mat. primas.	3	R e g i s t r o s	1	30	Verificación del espacio almacenamiento de la Prima. Evitar la contami_nación y mezclado de MP.
						Oreado.	5		1	50	Óptimo tiempo de oreado para obtener una humedad del 5-10%.
						Acondiciona_miento.	2		1	20	Control del tamaño adecuado de grano del material previo su entra_da al molino.
						Materias primas con rango de propiedades inadecuados.	9		6	540	Control y verificación de las propiedades de la MP de acuerdo a las especificaciones.



...continuación

Preparación y Molienda de MP	obtener pasta primaria.	Variables de inspección no están acordes a las especificaciones.	con parámetros no adecuados.	10	▽	Molino obsoleto.	3	R e g i s t r o s	1	30	Revisión y mantenimiento constante del equipo.
						Carga incorrecta y aspecto de bolas.	5		1	50	Control de la cantidad específica de bolas.
						Tiempo de Molienda.	1		2	20	Control continuo del tiempo.
						Error en la pesada de MP.	7		5	350	Calibración y limpieza de la balanza.
						Falta de experiencia del personal.	1		2	20	Capacitación del operario.
						Operación deficiente.	4		2	80	Control de los métodos de trabajo.

S: Gravedad de fallo; G: Característica crítica; O: Ocurrencia de fallo; D: Probabilidad de no detección


▽: Indica que es de carácter crítico, por presentar un valor a 9 - 10 de (S)

NPR1: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008.

Elaboración: Las autoras



Cuadro 2. Formato AMFE del filtroprensado de la pasta

 ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI				DE PROCESO	<input checked="" type="checkbox"/>	REVI. N°	0	FECHA	Agosto / 08.		
				DE PRODUCTO	<input type="checkbox"/>						
ENTRADA	PROCESO		PRODUCTO	ESPECIFICACIÓN	ACTUAR SOBRE NPR > QUE			RESPONSABLES:			
Pasta Primaria	Filtroprensado de la pasta		Tortas de filtroprensa	Rangos y especific. de la MP	100			Melva Masache Gabriela Armijos			
1. Nombre del Proceso	2. Operación ó función	3. Modo de Fallo	4. Efectos de Fallo	5 S	6 G	7. Causas del Fallo	8 O	9. Controles actuales	10 D	11 NPR	12. Acciones de mejora
Filtroprensado	Extracción de agua y sales de la pasta para formación de tortas de baja humedad 24-26 %.	Fluctutación en humedad de torta.	Exceso de agua la que puede contene cloruros y sulfatos.	9	▽	Tiempo inapropiado de filtroprensado.	4	R e g i s t r o s	1	36	Tiempo óptimo de filtroprensado.
						Mal funciona_ miento de la de filtroprensa.	2		3	54	Filtroprensa calibrada y trabajando en presión de trabajo adecuada
						Pasta primaria sin parámetros adecuados.	4		5	180	Prop. pasta dentro del rango.
						Jefe de lab. y operario sin capacitación y no llevan controles.	2		4	72	Jefe de lab. debe llevar controles.

S: Gravedad de fallo; G: Característica crítica; O: Ocurrencia de fallo; D: Probabilidad de no detección


▽: Indica que es de carácter crítico, por presentar un valor a 9 - 10 de (S)

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

Elaboración: Las autoras



Cuadro 3. Formato AMFE de la preparación de la barbotina de colado

 ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI				DE PROCESO <input checked="" type="checkbox"/>		DE PRODUCTO <input type="checkbox"/>		REVI. N°	0	FECHA	Agosto / 08.		
ENTRADA	PROCESO	PRODUCTO	ESPECIFICACIÓN	ACTUAR SOBRE NPR>QUE			RESPONSABLES:						
Tortas de Filtroprensado	Preparación de Barbotina de Colado	Pasta de colado	Rangos y especific. de la MP	100			Melva Masache Gabriela Armijos						
1. Nombre del Producto	2. Operación ó función	3. Modo de Fallo	4. Efectos de Fallo	S 5	G 6	7. Causas del Fallo	O 8	9. Controles actuales	D 10	NPR 11	12. Acciones de mejora		
Preparación de Barbotina de Colado	Obtención de barbotina con características específicas para el colado normal y a presión.	Alteración en los parámetros de inspección.	Barbotina o pasta de colado deficiente.	10	▽	Tortas de filtro prensado con características fuera de rango.	7	R e g i s t r o s	2	140	Control específico de características de las tortas.		
						Mal almacenamiento de tortas.	5				1	50	Espacio y acondicionamiento adecuado. Ubicación ordenada de las tortas.
						Blounger, tanque y cisterna N° 2 en mal estado.	3				2	60	Mantenimiento y limpieza del blounger, tanques y cisterna N° 2.
						Agitador desgastado.	4				1	40	Agitador en buen estado.
						Tiempo de mezclado.	8				3	240	Control del tiempo de mezclado de la barbotina.
						Error al medir parámetros de control.	5				6	300	Control adecuado a la pasta de colado.
						Inexperiencia del personal.	2				2	40	Capacitación y control al personal.
						Operación deficiente.	3				2	60	Operar usando las debidas instrucciones.

S: Gravedad de fallo; G: Característica crítica; O: Ocurrencia de fallo; D: Probabilidad de no detección


▽: Indica que es de carácter crítico, por presentar un valor a 9 - 10 de (S)

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

Elaboración: Las autoras




Cuadro 4. Formato AMFE de la extrusión de tortas

 ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI				DE PROCESO		REVI. Nº	0		FECHA		Agosto / 08.	
				DE PRODUCTO								
ENTRADA	PROCESO	PRODUCTO	ESPECIFICACIÓN	ACTUAR SOBRE NPR > QUE				RESPONSABLES:				
Tortas de Filtroprensa	Extrusión tortas	Tortas de filtroprensa	Rangos y especific. de la MP	100				Melva Masache Gabriela Armijos				
1. Nombre del Proceso	2. Operación ó función	3. Modo de Fallo	4. Efectos de Fallo	5 S	6 G	7. Causas del Fallo	8 O	9. Controles actuales	10 D	11 NPR	12. Acciones de mejora	
Extrusión	Compactar las tortas y eliminar la presencia de aire para formar chorizo.	Pasta (chorizo) con burbujas de aire.	Las burbujas de aire provocan huecos en las piezas luego de la quema	8		Tortas de filtroprensa sin características apropiadas.	4	Registros	2	64	Verificar características de tortas.	
						Extrusor mal funcionamiento mantenimiento.	1		4	32	Dar mantenimiento y buen uso extrusor.	
						Bomba mal funcionamiento (presión, vacío).	1		4	32	Controlar que la presión de la bomba este dentro de de parámetro.	
						Jefe de lab. y operario sin capacitación y no llevar controles.	2		3	48	Jefe de Lab. llevar controles y capacitar a operarios.	

S: Gravedad de fallo; G: Característica crítica; O: Ocurrencia de fallo; D: Probabilidad de no detección
 NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008
 Elaboración: Las autoras.



Cuadro 5. Formato AMFE de la formación de piezas en roller

 ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI				DE PROCESO <input checked="" type="checkbox"/>		REVI. Nº	0		FECHA	Agosto / 08.	
				DE PRODUCTO <input type="checkbox"/>							
ENTRADA	PROCESO	PRODUCTO	ESPECIFICACIÓN	ACTUAR SOBRE NPR>QUE			RESPONSABLES:				
Chorizo	Formación de piezas en roller	Piezas formadas por roller	Rangos y especific. de la MP	100			Melva Masache Gabriela Armijos				
1. Nombre del Producto	2. Operación ó función	3. Modo de Fallo	4. Efectos de Fallo	S 5	G 6	7. Causas del Fallo	O 8	9. Controles actuales	D 10	NPR 11	12. Acciones de mejora
Formación de piezas en roller	Formar piezas de contorno regular.	Descalibración del torno.	Piezas con Variación de espesor.	7		Chorizo deficiente.	4	R e g i s t r o s	4	112	Control riguroso de las propiedades físicas y químicas del chorizo.
						Roller de mal funcionamiento.	5		3	105	Control, mantenimiento y calibración del roller.
						Inexperiencia del operario.	1		2	14	Capacitación continua.
						Corte inadecuado del chorizo.	3		2	42	Control y cuidado en cada corte.


S: Gravedad de fallo; G: Característica crítica; O: Ocurrencia de fallo; D: Probabilidad de no detección.

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008.

Elaboración: Las autoras



Cuadro 6. Formato AMFE de la formación de piezas por colado normal y a presión

 ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI				DE PROCESO <input checked="" type="checkbox"/>		REVI. Nº	0		FECHA	Agosto / 08.	
				DE PRODUCTO <input type="checkbox"/>							
ENTRADA	PROCESO		PRODUCTO	ESPECIFICACIÓN		ACTUAR SOBRE NPR > QUE			RESPONSABLES:		
Pasta de Colado	Formación de piezas por colado normal y a presión		Pieza formada por colado	Rangos y especific. de la MP		100			Melva Masache Gabriela Armijos		
1. Nombre del Proceso	2. Operación ó función	3. Modo de Fallo	4. Efectos de Fallo	5 S	6 G	7. Causas del Fallo	8 O	9. Controles actuales	10 D	11 NPR	12. Acciones de mejora
Colado: normal y a presión	Realizar la formación de piezas por colado normal y a presión.	Defectos formados durante el colado: punto de alfiler, enroscado, colado lento, pieza que bradiza, etc.	Estos tipos de defectos generan en la pieza colada errores: peq. puntos en la superficie, arrugas, manchas, rajaduras, colado flojo, tiempo, dificultad.	9	▽	Propiedades de la pasta inadecuada	6	Registros	6	324	Controlar y propiedades de la pasta.
						Cantidad no óptima de defloculante.	4		5	180	Añadir defloculante de acuerdo a las necesidades de la pasta.
						Moldes húmedos y en mal estado.	2		2	36	Moldes apropiados y aptos a ser usados.
						Pasta sin agitar	1		8	72	Agitación de la pasta.
						Mesa de colado no uniforme.	2		3	54	Mesa apropiada y sin rugosidad.
						Manguera y pistolas sucias.	2		2	36	Limpieza, control.
						Prensa mal uso y mantenimiento	2		3	54	Mantenimiento y capacitación .
						Bomba y tanque de presión no adecuada.	2		2	36	Presión óptima y bomba trabajando adecuadamente y mantenimiento.
						Jefe de lab. no lleva control.	3		2	54	Jefe de lab. llevar controles.

S: Gravedad de fallo; G: Característica crítica; O: Ocurrencia de fallo; D: Probabilidad de no detección


▽: Indica que es de carácter crítico, por presentar un valor a 9 - 10 de (S)

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

Elaboración: Las autoras



Cuadro 7. Formato AMFE del secado de piezas

 ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI					DE PROCESO		REVI. Nº	0		FECHA	Agosto / 08.		
					DE PRODUCTO								
ENTRADA	PROCESO		PRODUCTO	ESPECIFICACIÓN		ACTUAR SOBRE NPR > QUE			RESPONSABLES:				
Pieza formada Roller y/o colado	Secado de piezas		Piezas formadas por Roller	Rangos y especific. de la MP		100			Melva Masache Gabriela Armijos				
1. Nombre del Producto	2. Operación ó función	3. Modo de Fallo	4. Efectos de Fallo	S 5	G 6	7. Causas del Fallo	O 8	9. Controles actuales	D 10	NPR 11	12. Acciones de mejora		
Secado de piezas	Disminuir la humedad de las piezas por exposición al ambiente y/o mediante el secadero.	Piezas no cumplen con la humedad especificada de 4-6%.	Piezas partidas.	9	▽	Piezas con variación de humedad.	6	R e g i s t r o s	9	486	Control de temperatura del secadero y correcta calibración del ventilador.		
						Secadero con mal funcionamiento.	4				3	108	Mantenimiento y limpieza continua del equipo.
						Tiempo inadecuado de secado.	8				4	288	Óptimo control del tiempo.
						Temperatura de secado.	5				8	360	Óptimo control de la temperatura.
						Falta de conocimiento.	1				1	9	Personal conocedor del método de trabajo y del equipo.
						Ausencia de experiencia.	1				4	36	Capacitación continua del operario.
						Mala ubicación de las piezas.	1				3	27	Orden y separación de las piezas en el secadero.
						Condiciones climáticas.	5				2	90	Control de las condiciones ambientales.

S: Gravedad de fallo; G: Característica crítica; O: Ocurrencia de fallo; D: Probabilidad de no detección


▽: Indica que es de carácter crítico, por presentar un valor a 9 - 10 de (S)

NPR: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

Elaboración: Las autoras



Cuadro 8. Formato AMFE de recorte y pulido de las piezas

 ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI				DE PROCESO	<input checked="" type="checkbox"/>	REVI. Nº	0	FECHA	Agosto / 08.		
				DE PRODUCTO	<input type="checkbox"/>						
ENTRADA	PROCESO		PRODUCTO	ESPECIFICACIÓN	ACTUAR SOBRE NPR > QUE			RESPONSABLES:			
Pieza seca torno y roller	Recorte y pulido de piezas		Pieza pulida	Rangos y especific. de la MP	100			Melva Masache Gabriela Armijos			
1. Nombre del Producto	2. Operación ó función	3. Modo de Fallo	4. Efectos de Fallo	5 S	6 G	7. Causas del Fallo	8 O	9. Controles actuales	10 D	11 NPR	12. Acciones de mejora
Recorte y pulido de piezas	Eliminar rebabas recortar filos obtener una superficie pulida en las piezas.	Piezas con defectos y partiduras.	Pieza con irregularidades y presencia de rebabas.	5		Cuchillas y lijas desgastadas.	2	Re g i s t r o s	1	10	Cambio continuo de lijas y de cuchillas.
						Descuido de operario.	2		2	20	Atención y colaboración del operario.
						Poca inspección en pieza acabada.	5		2	50	Criterio de inspección llevar controles.
						Esponja y torno en mal estado.	2		2	20	Torno alineado y esponja buen estado.

S: Gravedad de fallo; G: Característica crítica; O: Ocurrencia de fallo; D: Probabilidad de no detección

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

Elaboración: Las autoras



Cuadro 9. Formato AMFE de la quema de bizcocho

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI					DE PROCESO	<input checked="" type="checkbox"/>	REVI. N°	0	FECHA	Agosto / 08.	
					DE PRODUCTO	<input type="checkbox"/>					
ENTRADA	PROCESO		PRODUCTO	ESPECIFICACIÓN	ACTUAR SOBRE NPR > QUE			RESPONSABLES:			
Pieza pulida	Quema de bizcocho		Bizcocho	Rangos y especific. de la MP	100			Melva Masache Gabriela Armijos			
1. Nombre del Producto	2. Operación ó función	3. Modo de Fallo	4. Efectos de Fallo	5 S	6 G	7. Causas del Fallo	8 O	9. Controles actuales	10 D	11 NPR	12. Acciones de mejora
Quema de bizcocho	Obtener piezas biacocho con características establecidas.	Bizcocho de_ fectuosos y presentando varios efectos.	Bizcocho con multiples in_ perfecciones: trizado, tor_ cido, despos_ tillado.	10	▽	Horno sin calibrar.	4	R e g i s t r o s	8	320	Revisar y controlar funcionamiento del horno.
						No se lleva el ciclo de cocción	4		9	360	Tratar de mantenerse en el ciclo ideal de cocción.
						Falta de criterio conocimiento al seleccionar piezas buenas.	2		2	40	Capacitar para que se adopte un buen criterio de selección.
						Responsable de horno sin expe_ riencia, falta de conocimiento.	1		1	10	Encargado del horno capa_ citararlo, prestar atención.
						Piezas con rebabas.	1		2	20	Piezas debidamente pulidas y recortadas.
						Tiempo no adecuado.	3		7	210	Tiempo óptimo de cocción y registro curva de cocción.

S: Gravedad de fallo; G: Característica crítica; O: Ocurrencia de fallo; D: Probabilidad de no detección

▽: Indica que es de carácter crítico, por presentar un valor a 9 - 10 de (S)

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

Elaboración: Las autoras



Cuadro 10. Formato AMFE de la preparación de colores bajo esmalte

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI					DE PROCESO	<input checked="" type="checkbox"/>	REVI. Nº	0	FECHA	Agosto / 08.	
					DE PRODUCTO	<input type="checkbox"/>					
ENTRADA	PROCESO		PRODUCTO	ESPECIFICACIÓN		ACTUAR SOBRE NPR>QUE			RESPONSABLES:		
Ámacos Pigmentos y Aditivos	Preparación de colores bajo esmalte		Bajo esmalte	Rangos y especific. de la MP		100			Melva Masache Gabriela Armijos		
1. Nombre del Producto	2. Operación ó función	3. Modo de Fallo	4. Efectos de Fallo	S 5	G 6	7. Causas del Fallo	O 8	9. Controles actuales	D 10	NPR 11	12. Acciones de mejora
Preparación de bajo esmaltes	Dosificar los diferentes amacos, pigmento y aditivos para obtener una tonalidad aceptable del color a usar.	Formulación incorrecta del bajo esmalte variables de inspección no cumplen con las especificaciones.	Cambio en la tonalidad.	10	▽	Lotes nuevos de Ámacos, pigmentos, aditivos.	10	R e g i s t r o s	2	200	Pruebas oportunas de la eficacia de los lotes nuevos .
						Pigmentos antiguos.	9		2	180	Desechar pigmentos caducados y en mal estado.
						Mal almacenamiento de MP.	3		2	90	Control en la distribución y almacenamiento de los materiales.
						Mal tiempo de mezclado.	5		5	250	Control riguroso y continuo del tiempo de mezcla.
						Error en los pesos.	5		7	350	Calibración y limpieza de la balanza.
						Mezclador desgastado.	4		2	80	Buen uso del mezclador y mantenimiento continuo.
						Horno dañado.	6		5	300	Verificar la T° de quema.
						Falta de experiencia del personal.	1		1	10	Capacitación al personal.
						Operación deficiente.	2		1	20	Control de los métodos de trabajo.

S: Gravedad de fallo; G: Característica crítica; O: Ocurrencia de fallo; D: Probabilidad de no detección


▽: Indica que es de carácter crítico, por presentar un valor a 9 - 10 de (S)

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

Elaboración: Las autoras



Cuadro 11. Formato AMFE de la decoración con bajo esmalte

 ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI				DE PROCESO	<input checked="" type="checkbox"/>	REVI. Nº	0	FECHA	Agosto / 08.		
				DE PRODUCTO	<input type="checkbox"/>						
ENTRADA	PROCESO	PRODUCTO	ESPECIFICACIÓN	ACTUAR SOBRE NPR > QUE			RESPONSABLES:				
Bizchocho bajo esmalte	Decoración con bajo esmalte	Pieza decorada	Rangos y especific. de la MP	100			Melva Masache Gabriela Armijos				
1. Nombre del Producto	2. Operación ó función	3. Modo de Fallo	4. Efectos de Fallo	5 S	6 G	7. Causas del Fallo	8 O	9. Controles actuales	10 D	11 NPR	12. Acciones de mejora
Decoración con bajo esmalte	Decorar las piezas usando bajo esmalte de acuerdo a diseños establecidos.	Pieza decorada con variación de color y diseño.	Pieza manchada, alteración del color entre lote y lote. Falta de uniformidad en elaborar los diseños.	10	▽	Formulación no apropiada de los colores.	4	Registros	5	200	Registro de formulación adecuado para no cambiar color entre lote y lote.
						Pincel sucio, con resto de colores anterior, cerdas gastadas	2		1	20	Pinceles libre de impureza y en buen estado.
						Torno sin alineación.	1		1	10	Alinear torno.
						Bizchocho bajo esmalte fuera de rango.	2		5	100	Piezas de bizcho dentro de estándares.
						Decorador sin habilidad y experiencia, cansancio, estrés.	1		1	10	Destreza en el decorador tranquilidad, buen ambiente de trabajo.
						Variación de diseño.	1		1	10	Diseño adecuado y uniformidad.

S: Gravedad de fallo; G: Característica crítica; O: Ocurrencia de fallo; D: Probabilidad de no detección


▽: Indica que es de carácter crítico, por presentar un valor a 9 - 10 de (S)

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

Elaboración: Las autoras



Cuadro 12. Formato AMFE de la molienda y preparación de esmaltes

 ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI					DE PROCESO	<input checked="" type="checkbox"/>	REVI. Nº	0	FECHA	Agosto / 08.	
					DE PRODUCTO	<input type="checkbox"/>					
ENTRADA	PROCESO		PRODUCTO		ESPECIFICACIÓN	ACTUAR SOBRE NPR>QUE:			RESPONSABLES:		
Esmalte base Pigmentos y Aditivos	Molienda y preparación de esmaltes		Esmalte liquido transparente y de color		Rangos y especific. de la MP	100			Melva Masache Gabriela Armijos		
1. Nombre del Producto	2. Operación ó función	3. Modo de Fallo	4. Efectos de Fallo	S 5	G 6	7. Causas del Fallo	O 8	9. Controles actuales	D 10	NPR 11	12. Acciones de mejora
Molienda y Preparación de Esmaltes	Obtener esmalte base, transparente y/o de color para el proceso de esmalte.	Formulación para la preparación inadecuada. Variables de inspección incumplen con las especificaciones.	Esmalte deficiente.	10	▽	Adquisición de nuevos lotes de fritas.	10	Registros	1	100	Prueba de la eficacia de la fritas mediante pruebas pequeñas previo a su uso.
						Fritas de mala calidad.	4		8	320	No usar fritas de mala calidad.
						Tiempo de molienda.	3		2	60	Control oportuno del tiempo de molienda.
						Error en determinación de humedad, densidad, retenidos.	4		2	80	Uso correcto de fórmulas. Verificación y comprobación de resultados.
						Molino sucio.	3		2	60	Limpieza continua previa utilización del equipo.
						Molino en mal funcionamiento.	2		3	60	Mantenimiento constante del molino.
						Error al cargar material en el molino.	2		2	40	Control de la cantidad adecuada de material a cargar en el molino.
						Operación Deficiente.	2		1	20	Óptimo control de los métodos de trabajo.

S: Gravedad de fallo; G: Característica crítica; O: Ocurrencia de fallo; D: Probabilidad de no detección


▽: Indica que es de carácter crítico, por presentar un valor a 9 - 10 de (S)

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

Elaboración: Las autoras



Cuadro 13. Formato AMFE de la esmaltación de piezas.

 ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI				DE PROCESO		REVI. Nº	0		FECHA		Agosto / 08.	
				DE PRODUCTO								
ENTRADA	PROCESO		PRODUCTO	ESPECIFICACIÓN			ACTUAR SOBRE NPR > QUE			RESPONSABLES:		
Pieza deco_rada, esmalte transparente y color	Esmaltación de piezas		Pieza esmaltada unicolor, pieza esmaltada bicolor	Rangos y especific. de la MP			100			Melva Masache Gabriela Armijos		
1. Nombre del Producto	2. Operación ó función	3. Modo de Fallo	4. Efectos de Fallo	5 S	6 G	7. Causas del Fallo	8 O	9. Controles actuales	10 D	11 NPR	12. Acciones de mejora	
Esmaltación de piezas	Decorar las piezas usando bajo esmalte de acuerdo a diseños establecidos.	Errores al momento de manipular y aplicar el esmalte.	Pieza esmal con defectos: grosor de capa de esmalte, chorreado, bordes sin esmalte, irregularidades de captación en superficie de la pasta.	8		Esmalte fuera de estándar.	3	N i n g u n o	8	192	Correcta formulación de materias primas y aditivos.	
						Tanques mezcladore de esmalte sin agitación.	1		7	56	Sistema de agitación permanente.	
						Cabinas de esmaltación sucia	1		2	16	Cuidado y limpieza en las cabinas .	
						Cafetera y boquilla muy usada.	2		2	32	Cambiar boquilla y buen uso de cafetera.	
						Torno sin alineación.	2		2	32	Torneta ajustarse en el ruliman, alineación.	
						Soplete sin presión aducuada.	1		7	56	Ajustar presión aducuada.	
						E. inmersión falta de destreza.	1		2	16	Experiencia y destreza.	
						Falta de receptividad.	1		3	24	Buena receptividad en la superficie de la pasta.	
						Mala distribución mecánica.	1		6	48	Lograr buena distribución mecánica de vidriado.	

S: Gravedad de fallo; G: Característica crítica; O: Ocurrencia de fallo; D: Probabilidad de no detección

NPR: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

Elaboración: Las autoras



Cuadro 14. Formato AMFE de la quema de vidrio

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI					DE PROCESO <input checked="" type="checkbox"/>		DE PRODUCTO <input type="checkbox"/>		REVI. N°	0	FECHA	Agosto / 08.
ENTRADA	PROCESO		PRODUCTO	ESPECIFICACIÓN			ACTUAR SOBRE NPR>QUE:			RESPONSABLES:		
Piezas Esmaltadas	Quema de vidrio		Producto vidriado	Rangos y especific. de la MP			100			Melva Masache Gabriela Armijos		
1. Nombre del Producto	2. Operación ó función	3. Modo de Fallo	4. Efectos de Fallo	S 5	G 6	7. Causas del Fallo	O 8	9. Controles actuales	D 10	NPR 11	12. Acciones de mejora	
Quema de vidrio	Vitrificar el esmalte colocado a las piezas decoradas.	Variabilidad en la curva de cocción y temperatura de pico.	Piezas vidriadas con defectos como: <i>Cuarteo</i> (grietas finas y profundas).	10	▽	Coefficiente de dilatación del esmalte mayor al soporte.	7	Registros	2	140	Aumentar el coeficiente de expansión de la pasta. Reducción el contenido de expansión en el vidriado.	
			<i>Descascarillado</i> (Desprendimiento del esmalte).			Curva de de cocción incorrecta.	4		2	80	Control de los registros de la curva de cocción.	
			<i>Cuarteo mienta retardado</i> (Aparece despues de ser			Modificaciones en la pasta.	7		2	140	Adición correcta de aditivos.	
						Modificaciones en el vidreado.	7		2	140	Formular adecuadamente la composición del vidrio.	
						Retraso en la contracción del esmalte.	4		1	40	Utilizar esmaltes que finalizada la cocción estén sometidos a compresión.	
Absorción de humedad por parte de la pasta con su consiguiente expansión.	5	1	50	Añadir fundentes. Esmaltar las piezas por ambos lados del soporte cerámico o elevar la temperatura de quema.								



... continuación

Quema de vidrio			extraída la pieza del horno).	10	▽	Trabajo defectuoso de la arcilla.	3	R e g i s t r o s	4	120	Trabajar con la arcilla que presente las mejores características.
			<i>Fisuración</i> (Desprendimiento brusco de la capa de esmalte).			Fisuras debidas a la cocción.	3		2	60	Evitar soportes que tengan mas del 25% en su composición de CaCO ₃ . Vigilar el enfriamiento a temperaturas críticas. Emplear curvas de cocción adecuadas.
			<i>Rotura</i> (Descomposición de la pieza en 2 o más trozos).			Exceso de humedad en la pieza cuando se somete a cocción.	2		3	60	Secado lento y cuidadoso de la pieza. Eliminar exceso de cuarzo libre y aumentar el porcentaje de fundentes.
						Enfriamiento demasiado rápido.	2		2	40	Se debe abrir el horno cuando haya alcanzado aprox. unos 35 °C.
						Descascarillado exagerado.	2		1	20	Sustituir la arcilla con otra de mejor calidad.
						Pasta deficiente.	5		5	250	Control de parámetros de la pasta.
						Aplicación de esmalte muy sobrecargado.	2		2	40	Esmaltar en capas delgadas.
			<i>Explosiones</i> (Reventones locales de la superficie del soporte)			Presencia de humedad en el interior de la pieza.	2		7	140	Piezas con adecuado ciclo de secado.



... continuación

Quema de vidrio			10	▽	Presencia de burbujas de aire en la pasta.	2	R e g i s t r o s	2	40	Agitación continua de los tanques, los cuales no deben permanecer completamente tapados.
					Aplicación de esmaltes con mucho espesor.	1		2	20	Aplicar correctamente la capa de esmalte.
					En la aplicación de esmaltes pulverizados se usa presiones muy elevadas.	1		1	10	Trabajar con la presión correcta de acuerdo al tipo de esmalte.
					Colocar piezas esmaltadas en el horno que no están bien secas.	2		2	40	Secar adecuadamente las piezas esmaltadas.
					Exceso de vitrificación en el bizcocho.	2		3	60	Evitar una cocción excesiva.
					<i>Hinchazones</i> (Abultamiento por desprendimiento de gases por descomposición de alguno de sus componentes o por ebullición del esmalte).					



...continuación

Quema de vidrio			<i>Suciedad</i> (Partículas refractarias que aparecen en la superficie del esmalte).	10	▽	Presencia de material refractario en las piezas.	2	R e g i s t r o s	3	60	El horno debe estar barrido y soplado antes de utilizarlo.
						Corrientes térmicas mal distribuidas en el horno.	3		9	270	Adecuación y mantenimiento del horno y uso de un buen combustible.
			<i>Cruda o Recogida</i> (Esmalte acumulado en secciones de la pieza).			Cocción deficiente.	4		2	80	Control de T° de cocción del vidrio.
						Porosidad de la pieza.	4		2	80	Control de humedad y viscosidad de la pasta con la que se forman las piezas.
			<i>Pérdida de brillo</i> (Superficie mate o satinada en el esmalte).			El horno contiene demasiada humedad	3		3	90	Permitir el ingreso de corrientes de aire en el interior del horno cuando no esté en uso.
						Esmalte aplicado sobre la pieza húmeda.	1		2	20	Las piezas a esmaltar deben estar completamente secas.
			<i>Pérdida de brillo.</i>			Incorrecta manipulación de piezas.	1		1	10	Las piezas esmaltadas deben ser manipuladas cuidadosamente.
			<i>Color no uniforme</i> (Aglomeración de color).			Insuficiente molienda del colorante.	2		4	80	Moler aparte el colorante con algo de base de esmalte.
						Excesiva viscosidad del esmalte.	2		4	80	Aumentar la temperatura de cocción.



Quema de vidrio			<i>Ondulaciones</i> (Superficie del esmalte aparece ondulada).	10	▽	Superficie irregular de la pieza .	2	R e g i s t r o s	1	20	Usar soportes de superficie lisa.
						Aplicación incorrecta del esmalte y T° de cocción muy alta.	2		2	40	Cuidar que no existan vibraciones o alteraciones de flujo por defecto de la maquinaria que se está utilizando.
						Composición y aplicación incorrecta del esmalte.	2		4	80	Verificar que los componentes del esmalte sean de buena calidad.
			<i>Arrugas</i> (Superficie del esmalte irregular en la que este se amontona formando pequeños grumos).			Granulometría muy fina.	1		2	20	No usar tamices muy finos.
						Presencia de burbujas de aire en la pieza.	2		3	60	La viscosidad del esmalte debe ser tal que permita la salida de burbujas.
						Quema demasiado baja.	2		3	60	Control riguroso de la temperatura.
			<i>Escurremient</i> <i>ento</i> (Agrupamiento del esmalte en zonas bajas o en los bordes de las piezas).			Composición inadecuada del esmalte.	3		4	120	Aumentar el punto de fusión del esmalte con materiales refractarios.
						Excesivo espesor del esmalte aplicado.	2		1	20	Control de densidad del esmalte.
						T° de cocción muy alta.	4		3	120	Bajar y verificar la T° de cocción.
						Usar esmaltes de baja densidad.	2		1	20	Reducir la capa de esmalte.



... continuación

Quema de vidrio			<i>Variación de color</i> (Piezas esmal_tadas con distinta tonalidad).	10	▽	Variación en la composición del esmalte.	5	R e g i s t r o s	4	200	Verificar y realizar pruebas de esmalte a pequeña escala.
						Variabilidad en la temperatura de cocción.	3		7	210	Control y verificación de la Temperatura de cocción.
			<i>Estrucción de colores bajo esmalte</i> (Color del pigmento en gobe o esmalte desapaerece o alltera).			La formulación de colores usada no es la adecuada.	7		4	280	Realizar pequeñas pruebas para verificar que no hay cambio en los colores. Realizar nuevas formu_laciones. Verificar que el esmalte aplicado no altere la tonalidad de los colores.
			<i>Pérdida de Transpa_rencia</i> (For_mación de cristales en la su_perficie del esmalte).			Presencia de compuestos como: óxido de Zn, óxido de Ti_dióxido de Zr trióxido de Sb dióxido de Sn fluoruro de Na fluoruro de Ca.	2		8	160	Evitar la presencia de compuestos que favorecen la cristalización en el esmalte.
			<i>Volatiliza_ción</i>			El esmalte no ha sido bien fritado.	4		7	280	Usar frita de buena calidad.
			<i>Ahumado</i>			Ciclo de cocción incorrecto y combustible no adecuado.	5		4	200	Revisar la Tº del horno Controlar la Temp. y presión del combustible.



... continuación

Quema de vidrio			<i>Núcleo Negro</i> (Se da en el interior de la pieza y se visualiza cuando explota).	10	▽	Arcillas con alto contenido de materia orgánica, Carbonatos o hierro.	4	R e g i s t r o s	6	240	Usar arcillas con bajo contenido de carbonatos, materia orgánica y hierro.
			<i>Fluorescencias</i> (Espuma superficial blanca formada durante o después de la cocción).			Cocciones demasiado rápidas.	3		1	30	Realizar cocciones más lentas.
						Presencia de sales solubles como sulfato de calcio, Carbonato de Na, K y Mg Exceso de fundentes.	4		4	160	Para eliminar la sales solubles se debe añadir del 1 al 2% de Carbonato de Bario. Se puede reducir la concentración de sulfatos con cocciones superiores a 900°C.

S: Gravedad de fallo; G: Característica crítica; O: Ocurrencia de fallo; D: Probabilidad de no detección


▽: Indica que es de carácter crítico, por presentar un valor a 9 - 10 de (S)

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

Elaboración: Las autoras



Cuadro 15. Formato AMFE de la decoración y quema de calcomanía

 ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI				DE PROCESO	<input checked="" type="checkbox"/>	REVI. Nº1	0	FECHA	Agosto / 08.		
				DE PRODUCTO	<input type="checkbox"/>						
ENTRADA	PROCESO		PRODUCTO	ESPECIFICACIÓN	ACTUAR SOBRE NPR > QUE			RESPONSABLES:			
Pieza vidriada calcomanía	Decoración y quema de calcomanía		Pieza decorada con calcomanía	Rangos y especific. de la MP	100			Melva Masache Gabriela Armijos			
Pieza con calcomanía			Producto deco_rado calcomanía								
1. Nombre del Producto	2. Operación ó función	3. Modo de Fallo	4. Efectos de Fallo	5 S	6 G	7. Causas del Fallo	8 O	9. Controles actuales	10 D	11 NPR	12. Acciones de mejora
Decoración con bajo esmalte	Obtener piezas decoradas usando diseños en calcomanía.	Pieza deco_rada con calcomanía sin uniformidad y con aplicación no adecuada.	Producto decorado con calcomanía con defectos: sin fijación adecuada del papel calco a la pieza.	7		Pieza mal esmaltada y sucia.	3	Registros	1	21	Verificar estándares de la pieza esmaltada.
						Horno sin calibrar.	5		3	105	Revisar y controlar funcionamiento del horno.
						No se lleva el ciclo de cocción	4		3	84	Tratar de mantenerse en el ciclo ideal de cocción.
						Responsable de horno sin experiencia, falta de conocimiento.	1		2	14	Encargado del horno capacitarlo, prestar atención.
						Tiempo no adecuado.	1		2	14	Tiempo óptimo de cocción y registro curva de cocción.
						Decorador sin detreza.	1		1	7	Destreza en el decorador tranquilidad, buen ambiente de trabajo.
						Papel calco sucio.	1		1	7	

S: Gravedad de fallo; G: Característica crítica; O: Ocurrencia de fallo; D: Probabilidad de no detección
 NPR1: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008
 Elaboración: Las autoras



Cuadro 16. Formato AMFE de la decoración y quema de lustre

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI					DE PROCESO	DE PRODUCTO	REVI. Nº1	0	FECHA	Agosto / 08.		
ENTRADA					PROCESO		PRODUCTO		ESPECIFICACIÓN		ACTUAR SOBRE NPR > QUE	RESPONSABLES:
Lustre Producto decorado con calcomanía y vidreado					Decoración y quema de lustre		Pieza decorada con lustre		Rangos y especific. de la MP		100	Melva Masache Gabriela Armijos
1. Nombre del Producto	2. Operación ó función	3. Modo de Fallo	4. Efectos de Fallo	S 5	G 6	7. Causas del Fallo	O 8	9. Controles actuales	D 10	NPR 11	12. Acciones de mejora	
Decoración y quema de lustre	Obtener piezas decoradas en lustre con características establecidas.	Variación en la temperatura pico de quema y en la curva de cocción.	Lustre cambia de color.	5		Lustres de baja calidad.	3	Registros	4	60	Realizar pruebas previo al uso de lustres.	
						Pinceles deteriorados.	2		1	10	Usar pinceles limpios y en buen estado.	
						Horno sin calibrar.	4		4	80	Revisar y controlar funcionamiento del horno.	
						Mala ubicación en el horno.	2		1	10	Buen orden de las piezas en el horno. Evitar sobrecargas.	
						Aplicación incorrecta.	2		1	10	La aplicación debe ser realizada por personal con experiencia.	
						Manipulación y tiempo de quema.	4		3	60	Control del manipulado Control del tiempo adecuado de quema.	

S: Gravedad de fallo; G: Característica crítica; O: Ocurrencia de fallo; D: Probabilidad de no detección

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

Elaboración: Las autoras



Cuadro 17. Revisión del AMFE.

 REVISIÓN DEL ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI																	
REVI. N°	1	FECHA	20 de Febrero 2009			ACTUAR SOBRE NPR > QUE					RESPONSABLES:	Melva Masache Gabriela Armijos					
Nombre del Proceso	NPR ₁	VALORACIÓN			NPR ₂	Nombre del Proceso	NPR ₁	VALORACIÓN			NPR ₂	Nombre del Proceso	NPR ₁	VALORACIÓN			NPR ₂
		S	O	D				S	O	D				S	O	D	
1. Preparación y molienda de materias primas	30	10	4	1	40	2. Filtraprensado	36	9	3	1	27	4. Extrusión de tortas	64	8	5	2	80
	50		4	1	40		54		2	3	54		32		1	3	24
	20		3	1	30		180		7	5	315		32		1	3	24
	540		10	6	600		72		1	4	36		48		2	3	48
	30		2	1	20	3. Preparación de la barbotina de colado	140	10	8	2	160	5. Formación de piezas en roller	112	7	3	4	84
	50		4	1	40		50		4	1	40				105	4	3	84
	20		1	2	20		60		3	2	60		14		1	2	14
	350		4	6	240		40		4	1	40				42	2	2	28
	20		1	2	20		240		8	3	240		40		20		
	80		3	2	60		240		3	6	180						



... continuación

 REVISIÓN DEL ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI																		
REVI. N°		1	FECHA			20 de Febrero 2009			ACTUAR SOBRE NPR > QUE				RESPONSABLE:		Melva Masache Gabriela Armijos			
									100									
Nombre del Proceso	NPR ₁	VALORACIÓN			NPR ₂	Nombre del Proceso	NPR ₁	VALORACIÓN			NPR ₂	Nombre del Proceso	NPR ₁	VALORACIÓN			NPR ₂	
		S	O	D				S	O	D				S	O	D		
6. Formación de piezas por colado normal y presión	324	9	6	6	324	7. Secado de piezas	486	9	4	9	324	8. Recorte y pulido de piezas	10	5	1	1	5	
	180		3	8	216		108		3	3	81		20		1	2	10	
	36		1	2	18		288		5	4	180		50		4	2	40	
	72		1	8	72		360		4	5	180		20		1	2	10	
	54		2	2	36		9		1	1	9	9. Quemado de bizcocho	320	10	1	8	80	
	36		1	2	18		36		1	4	36		360		2	9	180	
	54		1	3	27		27		1	3	27		40		2	2	40	
	36		2	3	54		90		3	2	54		10		1	8	80	
	54		2	2	36		210		1	7	70		20		1	3	30	



... continuación

 REVISIÓN DEL ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI																	
REVI. N°		1	FECHA			20 de Febrero 2009			ACTUAR SOBRE NPR > QUE				RESPONSABLE:		Melva Masache Gabriela Armijos		
Nombre del Proceso	NPR ₁	VALORACIÓN			NPR ₂	Nombre del Proceso	NPR ₁	VALORACIÓN			NPR ₂	Nombre del Proceso	NPR ₁	VALORACIÓN			NPR ₂
		S	O	D				S	O	D				S	O	D	
10. Preparación de colores bajo esmalte	200	10	8	2	160	11. Decoración con bajo esmalte	200	10	3	5	150	13. Esmaltación de piezas	192	8	2	8	128
	180		9	1	90		20		1	1	10		16		1	2	16
	90		8	1	80		10		1	1	10		16		1	2	16
	250		5	4	200		100		1	5	50		32		1	2	16
	350		5	2	100		10		1	1	10		32		1	2	16
	80		4	2	80	12. Molienda y preparación de esmaltes	320	10	3	6	180		40		1	5	40
	300		1	5	50		60		3	2	60		16		1	2	16
	10		1	1	10		80		2	2	40		24		1	3	24
	20		1	1	10		60		2	2	40		48		1	6	48
									40	1	2		20				
					20	1	1	10									




... continuación

 REVISIÓN DEL ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI																	
REVI. N°		1	FECHA			20 de Febrero 2009		ACTUAR SOBRE NPR > QUE					RESPONSABLE:		Melva Masache Gabriela Armijos		
Nombre del Proceso	NPR ₁	VALORACIÓN			NPR ₂	Nombre del Proceso	NPR ₁	VALORACIÓN			NPR ₂	Nombre del Proceso	NPR ₁	VALORACIÓN			NPR ₂
		S	O	D				S	O	D				S	O	D	
14. Quemado de vidrio	140	10	6	2	120	14. Quemado de vidrio	40	10	1	2	20	14. Quemado de vidrio	60	10	1	3	30
	80		4	2	80		140		1	7	70		120		3	4	120
	140		9	2	180		40		1	2	20		20		1	1	10
	140		8	2	160		20		1	2	20		120		2	3	60
	80		3	2	60		10		1	1	10		20		1	1	10
	50		4	1	40		40		1	2	20		60		2	3	60
	120		3	4	120		60		2	3	60		270		3	9	270
	60		2	2	40		20		1	1	10		80		3	2	60
	60		2	3	60		40		1	2	20		80		2	2	40
	40		2	2	40		80		2	4	80		90		2	3	60
20	2	1	20	10	1	1	10	20	1	2	20						
250	5	5	250	60	1	3	30	10	1	1	10						



... continuación

 REVISIÓN DEL ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA PLANTA DE CERART DE LA LÍNEA YAPACUNCHI																	
REVI. N°		1	FECHA			20 de Febrero 2009			ACTUAR SOBRE NPR > QUE				RESPONSABLE:		Melva Masache Gabriela Armijos		
									100								
Nombre del Proceso	NPR ₁	VALORACIÓN			NPR ₂	Nombre del Proceso	NPR ₁	VALORACIÓN			NPR ₂	Nombre del Proceso	NPR ₁	VALORACIÓN			NPR ₂
		S	O	D				S	O	D				S	O	D	
14. Quema de vidrio	60	10	1	3	30	15. Decoración y quema de calcomanías	21	2	1	14	16. Decoración y quema de lustre	60	2	4	32		
	80		2	4	80		105	4	3	84		10	1	1	4		
	200		4	4	160		84	3	3	63		80	3	4	48		
	210		2	7	140		14	7	1	2		14	10	1	6	24	
	280		6	4	240		14	1	2	14		10	1	1	4		
	180		2	9	180		7	1	1	7		60	3	3	36		
	280		3	7	210		7	1	1	7							
	200		4	4	160												
	240		3	6	180												
	30		2	1	20												
240	3	6	180														

NPR 1: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008.

NPR 2: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 20 de Enero al 20 de Febrero del 2009.

Elaboración: Las autoras.





5. CONCLUSIONES

- Se logró conocer y dominar la metodología AMFE para posteriormente aplicarla en el proceso de producción de la línea Yapacunchi en CERART.
- A través del presente proyecto se consiguió poner en marcha el Sistema de Gestión de Calidad, trabajando conjuntamente con el personal de la planta con quienes se realizaron todas las actividades pertinentes.

- Mediante la aplicación del AMFE se alcanzó reducir en la mayor parte de las etapas los fallos con sus respectivas causas y efectos, evidenciándose una notoria disminución al evaluar los valores de NPR y logrando un aumento en la eficiencia de la producción, lo cual se detalla a continuación:

En la quema de bizcocho se obtuvo una eficiencia de 0.90 (Marzo - Abril/08), pero luego en el período de revisión del AMFE (Enero - Febrero/09), a pesar de que se realizó un mantenimiento al horno no hubo una calibración adecuada de la curva de cocción, por tal razón la eficiencia bajó a 0.85, pero al corregir inmediatamente dicho error de calibración se obtuvieron mejores resultados en la quema de vidrio, ya que se consiguió que la eficiencia aumente de 0.73 (Marzo - Abril/08, datos de producción CERART) a 0.75 (Enero - Febrero/09), según los datos que se obtuvieron en los registros de control (Ver anexo 8)

- En la etapa de preparación y molienda de materias primas se notó que el NPR aumentó en las siguientes causas de fallo: en la recepción de materias primas aumentando de 30 a 40, en el oreado de 50 a 40 y en el acondicionamiento de 20 a 30; debido a que la materia prima se encontraba levemente contaminada con tierra, raíces y mezclada unas con otras; en lo referente al oreado el tiempo no fue el adecuado y las condiciones climáticas no resultaron favorables para alcanzar los rangos adecuados de humedad higroscópica. Además por el cambio de materias primas, no se las pudo encontrar dentro del rango establecido, motivo por el cual el valor de NPR aumento de 540 a 600.

Para las otras causas se observó una respuesta favorable porque se disminuyeron los valores de NPR, estos resultados se detallan a continuación:

**Cuadro 18.** Comparación de NPR₁ y NPR₂ de la etapa de preparación y molienda de materias primas

Causas del Fallo	NPR ₁	NPR ₂
Recepción y almacenamiento de materias primas.	30	40
Oreado.	50	40
Acondicionamiento.	20	40
Materias primas con rango de propiedades inadecuadas.	540	30
Molino obsoleto.	30	20
Carga incorrecta y aspecto de cuerpos moledores.	50	40
Tiempo de molienda.	20	20
Error en el pesaje de MP.	350	240
Falta de experiencia del personal.	20	20
Operación deficiente.	80	60

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

NPR₂: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 20 de Enero al 20 de Febrero del 2009

Elaboración: Las autoras

- Para la fase de filtroprensado únicamente se obtuvo un aumento en el valor de NPR para la siguiente causa: por propiedades de la pasta, lo cual se debió a que se trabajó con nuevos lotes de materia prima, la mismas que se encontraban fuera de los parámetros evidenciándose un aumentó de 108 a 135, y en las otras tres causas de fallo hubo una notable disminución. Seguidamente se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 19. Comparación de NPR₁ y NPR₂ de la etapa de filtroprensado de la pasta

Causas del Fallo	NPR ₁	NPR ₂
Tiempo inapropiado de filtroprensado.	36	27
Mal funcionamiento de la filtrprensa.	54	54
Pasta primaria sin parámetros adecuados.	180	315
Jefe de lab. y operario sin capacitación y no se lleva controles.	72	36

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

NPR₂: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 20 de Enero al 20 de Febrero del 2009

Elaboración: Las autoras

- En la preparación de la barbotina de colado hubo un aumento de NPR para la siguiente causa: el agitador no es el adecuado para lograr mantener la pasta agitada y homogenizada en la cisterna, blounger y tanque N°1 y N°2. Para las otras causas se disminuyó en gran medida los valores de NPR, para las propiedades de las tortas se



evidenció que de 720 llegó a 80 saliendo del límite incorrecto, gracias al control oportuno de la humedad de las tortas. Se muestra los resultados en el siguiente cuadro:

Cuadro 20. Comparación de NPR₁ y NPR₂ en la preparación de la barbotina de colado

Causas del Fallo	NPR ₁	NPR ₂
Tortas de filtroprensa con características fuera de rango.	140	160
Mal almacenamiento de tortas.	50	40
Blounger, tanque N°1 y N°2 y cisterna N°2 en mal estado.	60	60
Agitador desgastado.	40	40
Tiempo de mezclado.	240	240
Error al medir parámetros de control en la pasta de colado.	300	180
Inexperiencia del personal.	40	40
Operación deficiente.	60	20

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

NPR₂: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 20 de Enero al 20 de Febrero del 2009

Elaboración: Las autoras

- En la etapa de extrusión de tortas se evidenció lo siguiente:

Las tortas de la filtroprensa presentaron valores con rangos de humedad adecuados casi en su totalidad, según el registro de control; pero a pesar de ello el valor de NPR tuvo un aumento mínimo, ya que en los primeros registro (14 de marzo al 14 de abril, ver anexo 5) se evidenció que el rango de humedad estaba fuera de los parámetros en menor medida que el llevado recientemente (20 de enero al 20 de febrero, ver anexo 8). Para las otras causas se evidenció una disminución en el NPR. En el cuadro siguiente se detalla:

**Cuadro 21.** Comparación de NPR₁ y NPR₂ en la extrusión de tortas

Causas del Fallo	NPR ₁	NPR ₂
Tortas de filtroprensa sin características apropiadas.	64	80
Extrusor en mal funcionamiento y sin mantenimiento.	32	24
Bomba en mal funcionamiento (presión de vacío).	32	24
Jefe de lab. y operario sin capacitarse y no se lleva controles	48	48

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

NPR₂: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 20 de Enero al 20 de Febrero del 2009

Elaboración: Las autoras

- En la formación de piezas en roller se obtuvieron los siguientes resultados, en todas las causas de fallo se observó una disminución del NPR; éstos resultados se muestran a continuación:

Cuadro 22. Comparación de NPR₁ y NPR₂ en la formación de piezas en roller

Causas del Fallo	NPR ₁	NPR ₂
Chorizo deficiente.	84	84
Roller de mal funcionamiento.	105	84
Inexperiencia del operario.	14	14
Corte inadecuado de chorizo.	42	28

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

NPR₂: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 20 de Enero al 20 de Febrero del 2009

Elaboración: Las autoras

- En la formación de piezas por colado normal y a presión se obtuvo los siguientes resultados evidenciándose una disminución de los valores de NPR; pero para las causas debidas a las propiedades de la pasta se mantuvieron los valores de NPR, ya que es un problema que se presentó, porque se usaba nuevo lote de materia prima y no se lograba disminuir la variabilidad en los rangos de control de las propiedades que debe reunir la pasta. En siguiente cuadro se muestra:

**Cuadro 23.** Comparación de NPR₁ y NPR₂ en el colado de piezas normal y a presión

Causas del Fallo	NPR ₁	NPR ₂
Propiedades de la pasta inadecuadas.	324	324
Cantidad no óptima de defloculante.	280	216
Moldes húmedos y en mal estado.	36	18
Pasta sin agitar.	72	72
Mesa de colado no uniforme.	54	36
Manguera y pistola sucias.	36	18
Prensa mal uso y mantenimiento.	54	27
Bomba y tanque de presión no adecuada.	36	54
Jefe de lab. No lleva control.	54	36

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008NPR₂: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 20 de Enero al 20 de Febrero del 2009

Elaboración: Las autoras

- En la etapa de secado de piezas se observó que para todas las causas de fallo se logró disminuir los valores NPR. A continuación se muestra el siguiente cuadro:

Cuadro 24. Comparación de NPR₁ y NPR₂ en secado de piezas

Causas del Fallo	NPR ₁	NPR ₂
Piezas con variación de humedad.	486	324
Secadero con mal funcionamiento.	108	81
Tiempo inadecuado de secado.	288	180
Temperatura de secado no óptima.	360	180
Falta de conocimiento.	9	9
Ausencia de experiencia.	36	36
Mala ubicación de las piezas.	27	27
Condiciones climáticas.	90	54

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008NPR₂: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 20 de Enero al 20 de Febrero del 2009

Elaboración: Las autoras

- En la etapa de recorte y pulido no se presentaron fuera del límite, pero las acciones preventivas tomadas ayudaron a mejorar el proceso notándose una disminución en los valores de NPR. A continuación se muestra el cuadro correspondiente:

**Cuadro 25.** Comparación de NPR₁ y NPR₂ en recorte y pulido de piezas

Causas del Fallo	NPR ₁	NPR ₂
Cuchillas y lijas desgastadas.	10	5
Descuido del operario.	20	10
Poca inspección en piezas acabadas.	50	40
Esponja y torno en mal estado.	20	10

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

NPR₂: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 20 de Enero al 20 de Febrero del 2009

Elaboración: Las autoras

- En la quema de bizcocho las causas que estaban fuera de los límites del NPR se debían a que el horno estaba sin calibrar pero luego de haberlo revisado y darle el mantenimiento adecuado se logro disminuir de 270 a 180 y de igual manera ocurrió en la curva de cocción. A continuación se muestra la tabla de resultados:

Cuadro 26. Comparación de NPR₁ y NPR₂ en la quema de bizcocho

Causas del Fallo	NPR ₁	NPR ₂
Horno sin calibrar.	320	80
No se lleva el ciclo de cocción.	360	180
Falta de criterio y conocimiento al seleccionar piezas buenas.	40	40
Responsable del sin experiencia y falta de conocimiento.	10	80
Piezas con rebabas.	20	30
Tiempo no adecuado de quema.	210	70

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

NPR₂: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 20 de Enero al 20 de Febrero del 2009

Elaboración: Las autoras.

- En la etapa de preparación de bajo esmalte se obtuvo una disminución significativa para todos los valores de NPR, como resultado de la eficacia de las acciones tomadas. Esto se indica en el cuadro a continuación:

**Cuadro 27.** Comparación de NPR₁ y NPR₂ en la preparación de bajo esmalte

Causas del Fallo	NPR ₁	NPR ₂
Lotes nuevos de ámacos, pigmentos y aditivos.	200	160
Pigmentos antiguos.	180	90
Mal almacenamiento de MP.	90	80
Mal tiempo de mezclado.	250	200
Error en el pesaje.	350	100
Mezclador desgastado.	80	80
Horno dañado.	300	50
Falta de experiencia del personal.	10	10
Operación deficiente.	20	10

NPR 1: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

NPR 2: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 20 de Enero al 20 de Febrero del 2009

Elaboración: Las autoras

- En la etapa de decoración se obtuvieron en su mayoría valores de NPR que no se presentaban fuera del rango de NPR, pero las medidas tomadas lograron disminuir estos valores, pero la causa de fallo debida a los colores sin condiciones adecuadas disminuyó de 320 a 280, ya que en esta etapa el decorador no puede detectar que el color esta mal formulado ya que esto se observa luego de la quema. A continuación se muestra el cuadro siguiente.

Cuadro 28. Comparación de NPR₁ y NPR₂ de la decoración con bajo esmalte

Causas del Fallo	NPR ₁	NPR ₂
Formulación no apropiada de los colores.	200	150
Pincel sucio, con resto de colores anteriores y cerdas gastadas.	20	10
Torno sin alineación.	10	10
Bizcocho bajo esmalte fuera de rango.	100	50
Decorador sin habilidad y experiencia: cansancio y estrés.	10	10
Variación de diseño.	10	10

NPR 1: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

NPR 2: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 20 de Enero al 20 de Febrero del 2009

Elaboración: Las autoras

- Para la etapa de molienda de esmalte se obtuvo una leve disminución en los valores de NPR, debido a que por las características de la frita no se logra obtener una formulación óptima para el esmalte. Los resultados se presentan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 29.** Comparación de NPR₁ y NPR₂ de la molienda y preparación de esmalte

Causas del Fallo	NPR ₁	NPR ₂
Adquisición de nuevos lotes de fritada.	100	70
Fritada de mala calidad.	320	180
Tiempo de molienda	60	60
Error en determinación de humedad, densidad, retenidos.	80	40
Molino sucio.	60	40
Molino en mal funcionamiento.	60	30
Error al cargar material en el molino.	40	20
Operación deficiente.	20	10

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

NPR₂: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 20 de Enero al 20 de Febrero del 2009

Elaboración: Las autoras

- Para la etapa correspondiente a esmaltación de piezas se obtuvo los siguientes resultados favorables, esto debido a la acertada toma de acciones de mejora. A continuación se detallan los resultados:

Cuadro 30. Comparación de NPR₁ y NPR₂ de la esmaltación de piezas

Causas del Fallo	NPR ₁	NPR ₂
Esmalte fuera de estándar.	192	128
Tanques mezclados de esmalte sin agitación.	16	16
Cabinas de esmaltación sucias.	16	16
Cafetera y boquilla muy usadas.	32	16
Torno sin alineación.	32	16
Soplete sin presión adecuada.	40	40
E. inmersión falta de destreza.	16	16
Falta de receptividad.	24	24
Mala distribución mecánica.	48	48

NPR₁: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 14 de Marzo al 14 de Abril del 2008

NPR₂: Número de Prioridad de Riesgo evaluado del 20 de Enero al 20 de Febrero del 2009

Elaboración: Las autoras

- Para la quema de vidrio, calcomanía y lustre se logró disminuir los valores de NPR casi en su totalidad para cada una de las causas de modo de fallo (Ver cuadro 17).



CAPITULO SEIS

RECOMENDACIONES



6. RECOMENDACIONES

- Para implantar exitosamente el Análisis Modal de Fallos y Efectos, es importante un compromiso total por parte de la gerencia de la planta de CERART, de su jefe de producción, así como de todo el personal del proceso productivo quienes mediante su trabajo contribuyen a mejorar la calidad de los productos.
- El presente proyecto se enfocó en poner en marcha esta herramienta, la cual permite asegurar la calidad de los procesos identificando los fallos y/o previniendo que éstos ocurran, por tal motivo es fundamental que se siga manteniendo y revisando el AMFE a lo largo de la vida de la empresa, para así alcanzar en algún momento una acreditación internacional.
- Sería importante establecer un equipo de trabajo dentro de la planta, el mismo que se encargue de seguir llevando a cabo la metodología AMFE, estableciendo como base de medición y de análisis por lo menos 6 meses, para de esta forma verificar que las acciones de corrección o prevención están siendo efectivas.
- Es necesario que se actualice el Sistema de Gestión de Calidad de CERART cada vez que sea necesario o cuando se implementen nuevos procesos o productos, tal es el caso de las formulaciones para preparación y dosificación de materias primas, molienda de pasta primaria, preparación de colores bajo esmalte, esmaltes, calcomanía y lustre.
- La gerencia debería disponer recursos económicos destinados al mantenimiento y compra de máquinas, adquisición continua de equipos de protección personal para los operarios, con la finalidad de mejorar la seguridad, salud e higiene laboral.
- Es fundamental que el líder de planta brinde al personal la materia prima necesaria que se utiliza normalmente o que gestione a través de los medios respectivos la compra del mismo tipo de material como es el caso de arcillas, ámacos, pigmentos y fritas, para evitar la variabilidad en las formulaciones y los defectos en el producto terminado.



- Se debería mejorar la infraestructura, para con ello poder optimizar las etapas de los procesos y así lograr un fortalecimiento de la empresa para alcanzar mayor competitividad a nivel nacional e internacional.
- Realizar reuniones mensuales durante las cuales la gerencia pueda poner al tanto a sus empleados de todo lo acontecido laboralmente o para estimular y elogiar el trabajo que cada uno de ellos realiza, lo cual contribuye a mejorar el ambiente de trabajo haciéndolo más armonioso para todos quienes forman parte de la planta.
- Brindar una mayor atención al área de laboratorio, porque si bien es cierto es el corazón de CERART, por lo que requiere disponer de los equipos necesarios para la realización de las pruebas y ensayos que exige la calidad en los procesos.





ANEXOS

Anexo 1. Diapositivas para la aprobación y apoyo de la gerencia



- **El AMFE o Análisis Modal de Fallos y Efectos** es un método dirigido a lograr el Aseguramiento de la Calidad, que mediante el análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto de un producto como de un proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calculará el Número de Prioridad de Riesgo, para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo.

TIPOS DE AMFE

- **AMFE de diseño o de desarrollo.-** Es aplicado a procesos de diseño de nuevos productos.
- **AMFE de procesos.-** Es aplicado a procesos de fabricación de un producto.

AMFE DE PRODUCTO

- En este caso el AMFE se utiliza con el fin de identificar y corregir cualquier fallo potencial o conocido antes de iniciarse el proceso de fabricación definitivo.
- En el AMFE de diseño el objeto del estudio es el producto y todo lo relacionado con su definición.
- Se analiza por tanto la elección de los materiales, su configuración física, las dimensiones, los tipos de tratamientos a aplicar y los posibles problemas de realización.

AMFE DE PROCESO

- El AMFE de proceso se centra en minimizar los fallos de producción mediante la identificación de los principales factores que afectan a la calidad del proceso. Éstos deben ser medidas, controladas, monitorizadas.
- Se analizan, por tanto, los posibles fallos que pueden ocurrir en los diferentes elementos del proceso (materiales, equipo, mano de obra, métodos y entorno) y cómo éstos influyen en el producto resultante.

AMFE DE PROCESO

- Evalúa los riesgos de fallo del proceso y del producto, así como sus efectos en el cliente, entendiendo por cliente no sólo el usuario final del producto, sino la operación siguiente en el flujo de producción.
- Identifica los fallos críticos.



...continuación

OBJETIVOS DEL AMFE

- Satisfacer al cliente.
- Introducir en las empresas la filosofía de la prevención.
- Identificar los modos de fallo que tienen consecuencias importantes respecto a diferentes criterios: disponibilidad, seguridad, etc.
- Precisar para cada modo de fallo los medios y procedimientos de detección.
- Adoptar acciones correctoras y/o preventivas, de forma que se supriman las causas de fallo del producto, en diseño o proceso.
- Valorar la eficacia de las acciones tomadas y ayudar a documentar el proceso.

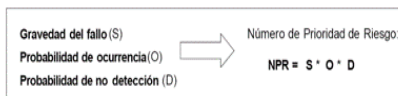
PROPÓSITOS DEL AMFE

- Identificar los modos de fallos potenciales y conocidos.
- Identificar las causas y efectos de cada modo de fallo.
- Priorizar los modos de fallo identificados de acuerdo al número de prioridad de riesgo (NPR) o frecuencia de ocurrencia, gravedad y grado de facilidad para su detección.

BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DEL AMFE

- Potencia la atención al cliente
- Potencia la comunicación entre los departamentos
- Facilita el análisis de los productos y los procesos
- Mejora la calidad de los productos y los procesos
- Reduce los costes operativos
- Ayuda a cumplir con requisitos ISO 9000 y directivas europeas de responsabilidad de productos.

- Existen tres criterios que permiten definir la prioridad de los fallos :
- Ocurrencia (O).-Es la frecuencia del fallo.
- Gravedad (S) .-Es el grado de efecto o impacto del fallo.
- Detección (D).- Es el grado de facilidad para su identificación.



- Este número es el producto de los valores de ocurrencia, severidad y detección. El valor NPR no tiene ningún sentido (Ford 1992) Simplemente sirve para clasificar en un orden cada uno de los modos de falla que existen en un sistema.

¿CUÁNDO SE REALIZA UN AMFE?

- Cuando se diseñen nuevos procesos o diseños.
- Cuando cambien procesos o diseños actuales sea cual fuere la razón; cuando se encuentren nuevas aplicaciones para los productos o procesos actuales; cuando se busquen mejoras para los procesos o diseños actuales.
- Cuando se busquen mejoras para los procesos o diseños actuales.

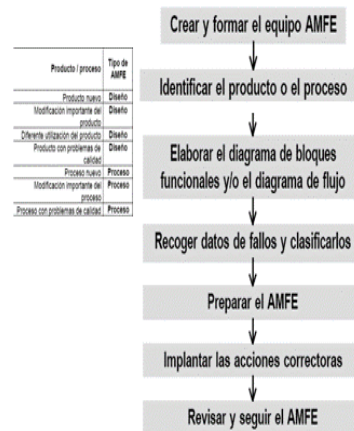


...continuación

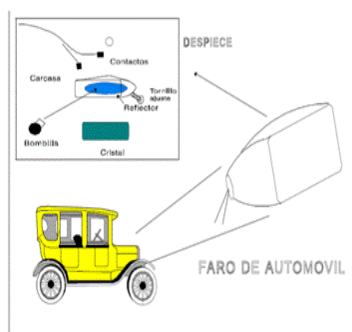
IMPLANTACIÓN DEL AMFE

● Como requisito previo necesario para implantar el AMFE en una empresa hay que contar con el apoyo de la gerencia. Conseguir el apoyo de la gerencia es muy importante, ya que la elaboración del AMFE:

1. Se realiza en horas de trabajo;
2. Implica cambios.
3. Se llega a conclusiones que requieren el apoyo de la dirección.



EJEMPLO: AMFE DE DISEÑO DEL CONECTOR DE UN FARO DE AUTOMÓVIL



● Paso 1. Se anotan los diferentes componentes producto sobre el que se realiza el AMFE. :

- tornillo de ajuste
- Bombilla
- cristal difusor

● Paso 2. Se anota la función del componente.

- tornillo de ajuste: ajustar el ángulo de inclinación
- bombilla : dar luz
- cristal difusor: difundir la luz

● Paso 3. Se anotan los posibles modos de fallo.

- tornillo de ajuste: rompa el tornillo, la rosca, que la esfera no sea totalmente redonda y que se oxide el tornillo.
- bombilla : que se caliente en exceso y que se funda.
- cristal difusor: no difunda correctamente la luz.

● Paso 4. Se anotan los efectos que producen cada uno de los modos de fallo analizados.

La rotura del tornillo: se mueva continuamente.
Si se rompe la rosca: el tornillo no se puede apretar o aflojar por lo que resulta imposible arreglar el faro.

● Paso 5. Se anota la gravedad de cada uno de los fallos.

● Paso 6. Se analiza la gravedad del fallo.

● Paso 7. Se anotan las posibles causas que motivan que el producto falle de los diferentes modos. Se procede, de forma análoga, analizando las posibles causas que motivan la aparición de los diferentes fallos.

● Paso 8. El siguiente paso es definir la probabilidad de que el fallo ocurra.



...continuación

- Paso 9. Se anota el tipo de controles existentes, o previstos, para detectar los modos de fallo, cuando éstos se producen o para prevenir la ocurrencia de las causa.
- Paso 10. Se anota la probabilidad de no detectar el fallo.
- Paso 11. A continuación se calcula el Numero de Prioridad
- Paso 12. Se proponen diversas acciones correctoras para reducirlos

- Paso 13. Se designan los responsables de su implantación
- Paso 14. Se anotan las acciones realmente implantadas.
- Paso 15. Se anotan el nuevo valor de la gravedad, la nueva probabilidad de ocurrencia, y la probabilidad de no detección en las columnas

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS										HCUA	REVI. Nº	FECHA	POR					
DE PROCESO <input type="checkbox"/>					DE DISEÑO <input checked="" type="checkbox"/>					de								
PRODUCTO: Conector de un faro					PROCESO:					RESPONSABLE:								
ESPECIFICACIÓN: S-20-02-05					OPERACIÓN:					FECHA:								
FECHA DE EDICIÓN: 14-05-99					ACTUAR SOBRE NPR- QUE:					REVISADO:								
Nombre producto	Operación o función	Modo de fallo	Efectos de fallo	5	6	Causas del fallo	8	0	9	10	Acción correctiva	Responsable	Acciones repetidas	Valoración			NPR	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Tornillo de ajuste	Ajuste del ángulo de inclinación	Rotura del tornillo	Faro libre anguladamente imposible de reglar	8		Mala calidad del material	4		Muestreo	5	103	Homologación del proveedor	Compras		8	2	5	80
		Rotura de las roscas	Faro libre anguladamente imposible de reglar	8		Configuración inadecuada	3		Muestreo	5	123	Autocontrol automático	Producción		6	3	1	15
		Qualización de la rosca	Faro libre anguladamente imposible de reglar	8		Fallo de la máquina	5		Muestreo	5	200	Mantenimiento preventivo	Ingeniería		8	2	5	80
		Oxidación del tornillo	Rotura	6		Tipo de material	4		Muestreo	5	123	Cambio de material	Desarrollo		8	2	5	80
Bombilla	Dar luz	Calentamiento excesivo	Rotura cristal difusor (seja de difundir luz y puede provocar accidente)	10		Tamaño inadecuado del conjunto	7		Autocontrol automático	1	70							
		Fandreo	Quedarse sin luz (posible accidente)	10		Asensia despachador	2		Autocontrol automático	1	20							
			Quedarse sin luz (posible accidente)	10		Filamento mal diseñado	2		Certificado proveedor	3	60							
Cristal difusor	Difundir luz	Mala difusión			Mal vacío	4		Certificado proveedor	2	80								
						Inadecuada especificación	6		Autocontrol automático	1	54							

Elaboración: Las autoras.



Anexo 2. Especificaciones para las materias primas de CERART

ESPECIFICACIONES PARA MATERIAS PRIMAS							
Código	L-01	L-02	L-03	L-04	L-05	L-06	
Nombre	Primavera	Marcabelfí	Pucará	Belén	Cochapata	Chester	
1	Humedad (%)	10 - 15	1.5 - 4	15 - 25	6 -15	8 - 16	4-8
2	Densidad	0.45 - 0.55	0.9 - 1.2	0.8-1.1	0.4-0.5	0.5-0.8	0.9-1.10
	Granulometría (200 g)						
	120	28 - 35	90-100	15-30	3-6	18-24	80-90
	230	25-30	38-46	18-26	10-15	30-35	12-20
	325	4-8	5-8	5-9	2-4	4-8	7-14
	Total	60-70	146-150	48-55	15-20	50-60	115-125
3	Real	30-40	65-80	30-40	15-25	30-40	55-65
4	Color en crudo	Blanco Parduzco.	Crema.	Rosado Blanquesino.	Crema.	Grís oscuro.	Blanco.
5	Color a la quema	Blanco Parduzco.	Rosado Claro.	Crema.	Blanco.	Crema.	Blanco Amarillento.
8	Pureza	A	A	A	A	A	A
9	Refractariedad	Refractario.	Fundente.	Refractario.	Refractario.	Refractario.	Semirefractario.
11	Contracción al secado	1-3	2-4	2-4	3-6	3-6	1-3
12	Contracción a la quema	2-4	2-4	2-4	3-6	3-6	2-4
13	Contracción total	3-7	4-8	4-8	6-12	6-12	3-7
14	Absorción de agua	18-25	10-15	13-20	18-28	16-20	15-20
	Granulometría en pasta						
	120	0.01-0.05	0.03-0.1	0.5-0.7	0.06-0.09	0.01-0.04	0.02-0.04
	230	0.1-0.2	1.2-1.6	1.0-1.2	1.0-1.3	0.2-0.4	0.02-0.04
	325	0.15-0.20	2.0-2.5	0.8-1.0	0.9-1.2	0.3-0.6	14-2.0
	Total	0.26-0.45	3.3-4.3	2.3-2.9	2.0-2.4	0.5-1.0	1.8-2.5
	Real	0.5-0.8	3-6	3-5	2.2-2.6	1.1-2.0	3.0-4.0
15	Densidad en pasta	1.15-1.30	1.3-1.7	1.2-1.4	1.4-1.8	1.3-1.7	1.4-1.8
16	Viscosidad	4-8	4-6	4-6	4-6	4-8	4-8
17	Temperatura	16-22	16-22	16-22	16-22	16-22	16-22
18	Índice de plasticidad	6-10	0	15-25	8-12	5-10	4-8



...continuación

ESPECIFICACIONES PARA MATERIAS PRIMAS								
Código	L-07	L-08	L-09	L-10	L-11	L-12	L-13	
Nombre	C1	Sílice	Alvarado 1	Arcilla Roja	Alvarado 2	Mena	Carbonato	
1	Humedad (%)	8 -16	0.5 - 8	2 -6	5 -14	5-16	5-16	4-10
2	Densidad	0.4-0.6	1-1.2	0.4-0.6	0.4-0.6	0.35-0.60	0.4-0.8	0.6-0.9
	Granulometría (200 g)							
	120	5-8	130-135	0.5-4	1-4	15-20	10-18	50-60
	230	20-25	40-50	30-35	5-15	30-40	25-35	48-56
	325	4-8	4-10	8-14	4-10	5-10	4-8	5-10
	Total	30-40	170-185	40-50	10-18	55-65	40-50	110-125
3	Real	18-30	90-100	20-30	8-14	30-40	25-35	50-60
4	Color en crudo	Crema.	Blanco.	Café.	Gris.	Blanco.	Crema.	Café.
5	Color a la quema	Crema.	Blanco.	Crema.	Rojo.	Blanco.	Crema.	Café.
8	Pureza	A	A	A	A	A	A	A
9	Refractariedad	Refractario.	Refractario.	Refractario.	Refractario.	Refractario.	Refractario.	Fundente.
11	Contracción al secado	3-6	NA	3-6	4-6	2-4	4-6	1,675
12	Contracción a la quema	3-6	NA	3-6	4-8	3-6	4-6	0.584017654609713
13	Contracción total	6-12	NA	6-12	8-14	5-10	4-12	2.25901765460972
14	Absorción de agua	25-30	NA	15-20	5-10	16-24	15-20	NA
	Granulometría en pasta							
	120	0.02-0.04	0.02-0.1	0.02-0.04	0.03-0.06	0.01-0.03	0.01-0.04	0.01-0.04
	230	0.3-0.6	1.3-1.6	0.7-1.2	0.3-0.7	0.2-0.4	0.3-0.7	0.5-1.0
	325	0.5-1.0	2.2-2.6	1.4-1.8	0.2-0.5	0.5-0.1	1.0-1.5	0.5-1.0
	Total	1.0-1.5	3.5-4.5	2.0-2.6	0.5-1.0	1.0-1.4	1.4-2.6	1.1-2.4
	Real	2.0-2.5	3.2-4.0	2.0-2.6	1.3-1.7	1.8-2.2	2.5-3.5	2.5-3.5
15	Densidad en pasta	1.4-1.8	1.4-.,8	1.4-1.8	1.4-1.8	1.5-1.8	1.0-1.8	1.2-2.0
16	Viscosidad	4-8	4-6	4-8	4-8	4-8	4-8	4-8
17	Temperatura	16-22	16-22	16-22	16-22	16-22	16-22	16-22
18	Indice de plasticidad	4-8	0	20-30	8-14	5-10	5-10	0

Fuente: Investigación experimental.
Elaboración: Laboratorio de CERART.



Anexo 3. Rangos de análisis en el laboratorio de CERART

RANGOS DE ANÁLISIS EN LABORATORIO CERART						
DESCRIPCIÓN	Humedad (%)	Densidad (g/cm ³)	Retenido a malla 325 (%)	Temperatura req. para análisis (°C)	Viscosidad (s)	Tixotropía
MOLINO GRANDE (EP51)	44-46	1.50-1.54	2.7-3.3	16-22		
CISTERNA N° 1 (EP51)	46-50	1.42-1.50	2.7-3.3	16-22		
CISTERNA N° 2 (EP51)	44-46	1.50-1.54		16-22	25'' - 50''	1,1 - 1,6
TANQUE N° 1 (EP51)	44-46	1.50-1.54		16-22	25'' - 50''	1,1 - 1,6
TANQUE N° 2 (EP51)	44-46	1.50-1.54		16-22	25'' - 50''	1,1 - 1,6
MOLINO TERRACOTA	50-52	1.38-1.45	5,5-6,5	16-22	5'' - 8''	
TANQUE N° 3 (TERRACOTA)	50-52	1.38-1.45	5,5-6,5	16-22	5'' - 8''	
TANQUE # 4 (TERRACOTA)	50-52	1.38-1.45	5,5-6,5	16-22	5'' - 8''	
BLOUNGER	44-46	1.50-1.54		16-22	25'' - 50''	1,1 - 1,6
TORTAS PARA EXTRUCIÓN	24-26					
CHORIZOS	23-25					
MOLINO FRITA 407 TRANSPARENTE	39-41	1.48-1.52	0.7-1.0	16-22	8'' - 15''	
MOLINO FRITA 667	39-41	1.48-1.52	0.7-1.0	16-22	8'' - 15''	
MOLINO FRITA 795 BLANCO	39-41	1.48-1.53	0.7-1.0	16-22	8'' - 15''	
MOLINO FRITA 238 BLANCO	39-41	1.48-1.54	0.7-1.0	16-22	8'' - 15''	
MOLINO VANSIL MATE	39-41	1.48-1.55	1.5-2	16-22	8'' - 15''	
ESMALTE TRANSPARENTE PARA PASTA BLANCA	39-41	1.50-1.52 soplete	0.7-1.0	16-22	8'' - 15''	
	42-44	1,30-1,35 inmersión	0.7-1.1			
ESMALTE TRANSPARENTE PARA PASTA TERRACOTA	50-54	1.33-1.36 soplete	0.7-1.0	16-22	8'' - 15''	
	46-60	1,20-1,23 inmersión	0.7-1.1			
ESMALTE DE COLOR	36-39	1.54-1.56 soplete	1-1,5	16-22	10'' - 20''	
	42-44	1,38-1,42 inmersión				
TIEMPO DE FILTROPRESADA (TORTAS)		1h - 1h 30 min				
ABSORCION DE BISCOCHO (ROLLER)		12-14 %				
ABSORCION DE BISCOCHO (COLADO)		14-17 %				
HUMEDAD DE TORTAS PARA EXTRUSIÓN		24-26 %				
HUMEDAD DEL CHORIZO		23-25 %				

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Laboratorio de CERART.

**Anexo 4. Especificaciones de las fritas de CERART**

ESPECIFICACIONES DE FRITAS EN CERART							
Nº	Código de frita	407	CJ-1050	238	795	667	Vidrio Terracota
1	Conos de fusión	A 1090 °C: Color transparente, buen brillo, fusibilidad buena, sin impurezas	A 1090 °C: Color transparente, buen brillo, fusibilidad buena, sin impurezas	A 1090 °C: Color blanco, buen brillo, fusibilidad buena, sin impurezas	A 1090 °C: Color blanco, buen brillo, fusibilidad buena, sin impurezas	A 1090 °C: Color transparente, buen brillo, fusibilidad buena, sin impurezas	A 1070 °C: Color transparente, buen brillo, fusibilidad buena, sin impurezas
2	Torres de fusión	A 1090 °C: Fusibilidad 95 - 100%	A 1090 °C: Fusibilidad 95 - 100%	A 1090 °C: Fusibilidad 95 - 100%	A 1090 °C: Fusibilidad 95 - 100%	A 1090 °C: Fusibilidad 95 - 100%	A 1070 °C: Fusibilidad 95 - 100%
3	Coefficiente dilatometría	de 20 a 600 °C: 6,6 - 7,0 s ⁻¹	de 20 a 600 °C: 7,8 - 8,2 s ⁻¹	de 20 a 600 °C: 6,4 - 7,4 s ⁻¹	de 20 a 600 °C: 7,0 - 7,5 s ⁻¹	de 20 a 600 °C: 5,8 - 6,2 s ⁻¹	de 20 a 600 °C: 7,6 - 8,0 s ⁻¹

Fuente: Investigación experimental.
Elaboración: Laboratorio de CERART



Anexo 5. Registros de control de CERART (14 Marzo al 14 de Abril del 2008)

REGISTRO DE CONTROL DE MOLIENDA PASTA YAPACUNCHI CERART						
Fecha	Tiempo de molienda (horas)	Retenidos reales (%)	Densidad (g/cm ³)	Humedad (%)	Responsable	Decisiones
14/03/2008	9,5	2.73	1.43	51.60	Fernando Mora.	Aumentar agua para disminuir defloc.
17/03/2008	9.0	2.06	1.41	51.90	Fernando Mora.	Añadir más componentes. Moler 1/2 minutos
28/03/2008	8.0	2,49	1.44	51.10	Fernando Mora.	Añadir más componentes. Moler 1/2 minutos
31/03/2008	8.0	2.98	1.44	51.40	Diana Guaya.	....
03/04/2008	8.0	2.98	1.42	51.40	Diana Guaya.	....
04/04/2008	8.5	2.38	1.428	51.7	Diana Guaya.	....
14/04/2008	8.0	3.05	1.45	49.80	Diana Guaya.	....
18/04/2008	9.0	4.71	1.44	48.00	Diana Guaya	....

Valores fuera de los estándares permitidos.

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- La mayor parte de valores obtenidos para retenidos reales, densidad y humedad evaluados se encuentran fuera de los límites permitidos por el laboratorio. (Hum=44-46%, $\rho = 1.50-1.54 \text{ g/cm}^3$ y Ret. Real= 2.7-3.3).



REGISTRO DE CONTROL EN PASTA CISTERNA # 1 - LÍNEA YAPACUNCHI CERART						
Fecha	Humedad de pasta (%)	Densidad (g/cm ³)	Retenidos reales (%)	Responsable	Observaciones	Decisiones
14/02/2008	51.0	1.460	3.20	Gabriel Jumbo.	...	...
05/03/2008	52.4	1.441	3.39	Gabriel Jumbo.	...	...
17/04/2008	50.6	1.430	2.62	Gabriel Jumbo.	...	...

Valores fuera de los estándares permitidos.

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- En el registro de la cisterna N° 1 se registraron valores de humedad y retenidos reales fuera del rango permitido. (Hm=46-50% y Ret. Real =2.7-3.3), mientras que la densidad se encontró dentro los valores correspondientes ($\rho = 1.51-1.54 \text{ g/cm}^3$).



REGISTRO DE CONTROL DE PREPARACIÓN DE PASTA DE COLADO BLOUNGER DE LA LÍNEA YAPACUNCHI CERART										
Fecha	Cantidad de tortas (#, kg)	Cantidad de agua de mezcla (litros)	Gramos de defloculante (g)	Tiempo de mezclado (min)	Humedad (%)	Densidad (g/cm ³)	Viscosidad (seg)	Tixotropía	Responsable	Decisiones
18/03/2008	720	240	2000	60	45.6	1.52	7.05	1.30	Diana Guaya.	....
19/03/2008	720	240	2000	60	44.0	1.535	7.21	1.23	Diana Guaya.	....
20/03/2008	540	180	1500	60	44.3	1.526	7.34	2.76	Diana Guaya.	Añadir 300g de defloc.
24/03/2008	....	....	....	....	44.3	1.87	20.81	9.88	Diana Guaya.	Añadir 20Lt. Agua y 300g de defloc.
25/03/2008	....	....	....	....	44.3	1.558	25.56	10.83	Diana Guaya.	....

 Valores fuera de los estándares permitidos.

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- Observamos que las variables de inspección en esta etapa se encontraron fuera de los rangos establecidos en CERART (Hum= 44-46%, $\rho = 1,50-1,54 \text{ g/cm}^3$, $\mu = 25 - 50$ y $t_x = 1.1-1.6$).



REGISTRO DE CONTROL EN PASTA CISTERNA N° 2 - LÍNEA YAPACUNCHI CERART							
Fecha	Humedad (%)	Densidad (g/cm ³)	Viscosidad (s)	Tixotropía	Responsable	Observaciones	Decisiones
14/03/2008	41.90	1.55	31.09	1.40	Diana Guaya.	....	....
17/03/2008	43.10	1.58	66.75	2.00	Diana Guaya.	....	20Lt. agua y 1000g. defloc.
18/03/2008	45.00	1.55	21.28	1.78	Diana Guaya.	....	10Lt. agua y 250g. defloc.
19/03/2008	43.80	1.53	17.41	1.05	Diana Guaya.	....	....
20/03/2008	44.80	1.54	14.16	1.14	Diana Guaya.	....	30 Lt. agua
24/03/2008	43.40	1.549	22.18	1.30	Diana Guaya.	....	20 Lt. agua y 300g. defloc.
25/03/2008	43.30	1.543	26.25	1.27	Diana Guaya.	....	10 Lt. agua y 400g. defloc.
26/03/2008	43.20	1.531	33.06	1.58	Diana Guaya.	Reposición de 1 Blounger	....
26/03/2008	43.30	1.535	25.58	1.59	Diana Guaya.	....	5 Lt. agua y 500g. defloc.
27/03/2008	43.40	1.548	21.66	2.18	Diana Guaya.	....	5 Lt. agua y 400g. defloc.
28/03/2008	42.70	1.558	42.70	1.75	Diana Guaya.	Hasta el día lunes.	10 Lt. agua y 1000g. defloc.
31/03/2008	42.80	1.54	34.12	1.00	Diana Guaya.	....	....
31/03/2008	44.20	1.552	69.41	1.00	Diana Guaya.	....	....
01/04/2008	42.80	1.548	64.88	1.00	Diana Guaya.	....	....
02/04/2008	42.70	1.56	61.44	1.47	Diana Guaya.	....	....
02/04/2008	42.20	1.557	61.44	1.47	Diana Guaya.	....	....
03/04/2008	41.70	1.562	61.44	1.47	Diana Guaya.	....	....
04/04/2008	41.70	1.548	18.44	1.47	Diana Guaya.	....	....
07/04/2008	44.20	1.537	34.10	1.54	Diana Guaya.	....	....
08/04/2008	44.90	1.553	32.10	1.76	Diana Guaya.	....	....
09/04/2008	44.90	1.53	32.57	1.57	Diana Guaya.	....	....
09/04/2008	44.90	1.552	32.54	1.57	Diana Guaya.	....	....
10/04/2008	43.60	1.54	43.25	2.11	Diana Guaya.	....	....
11/04/2008	43.60	1.522	20.78	1.58	Diana Guaya.	....	....
11/04/2008	50.80	1.539	15.69	1.66	Diana Guaya.	....	....
14/04/2008	45.70	1.537	20.53	1.21	Diana Guaya.	....	....
14/04/2008	45.70	1.537	25.75	1.55	Diana Guaya.	....	....

Valores fuera de los estándares permitidos.

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- En la tabla se puede observar que más de la mitad de los valores analizados de humedad, densidad, viscosidad y tixotropía no están acorde a los límites estandarizados (Hm=43-46%, ρ = 1.51-1.54 g/cm³, μ =25-45 y tx= 1.1-1.6).



REGISTRO DE CONTROL DE RECORTE Y PULIDO						
LÍNEA YAPACUNCHI				CERART		
Operario:			Líder de área:			
Fecha	Cantidad de piezas recibidas	Cantidad de piezas pulidas	Piezas buenas	Piezas malas	Tipo de defectos	Observaciones
17/03/2008	412	372	372	32	Burbujas.	....
18/03/2008	444	407	407	37	Torcidos.	....
19/03/2008	414	397	397	12	Partidos.	....
24/03/2008	501	437	437	64	Torcidos.	....
25/03/2008	581	471	471	40	Burbujas.	....
26/03/2008	542	503	503	39	....	....
27/03/2008	580	490	490	18	....	....
28/03/2008	514	490	490	24	....	....
31/03/2008	455	421	421	34	....	....
TOTAL:	4443	3988	3988	300		

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- Según los resultados de las 4.443 piezas recibidas 300 de ellas tienen defectos tales como: burbujas, torcidos y partidos; las piezas restantes (3.988) están aptas para ser utilizadas en la quema de bizcocho.



REGISTRO DE CONTROL DE FORMACIÓN PIEZAS POR COLADO LÍNEA YAPACUNCHI CERART					
Operario: Johnny Apolo					
TÉCNICA DE COLADO:		NORMAL			
Fecha: 14 de Marzo - 14 de Abril del 2008					
Fecha	Total de piezas	Piezas buenas	Piezas malas	Tipo de defectos	Observaciones
14/03/2008	235	148	87	Partidos.	Se limpia y se cambia moldes. La pasta está muy espesa y debe esperarse cierto tiempo para que se encuentre en las mejores condiciones de uso.
17/03/2008	221	178	43	Partidos.	
18/03/2008	217	180	37	Partidos.	
19/03/2008	211	182	29	Partidos.	
20/03/2008	162	157	5	Partidos.	
24/03/2008	228	212	16	Partidos.	
25/03/2008	234	209	25	Partidos.	
26/03/2008	234	212	22	Partidos.	
27/03/2008	234	213	21	Partidos.	
28/03/2008	234	192	42	Partidos.	
31/03/2008	212	192	20	Partidos.	
01/04/2008	244	232	12	Partidos.	
02/04/2008	258	246	12	Partidos.	
03/04/2008	269	263	6	Partidos.	
04/04/2008	269	215	54	Partidos.	
07/04/2008	167	165	2	Partidos.	
08/04/2008	153	146	7	Partidos.	
09/04/2008	153	132	21	Partidos.	
10/04/2008	163	161	2	Partidos.	
11/04/2008	163	154	9	Partidos.	
14/04/2008	159	154	5	Partidos.	
TOTAL:	4420	3943	477		

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- Los resultados muestran una cantidad de 477 piezas malas en el proceso de colado y 3943 piezas buenas. La presencia de piezas partidas se debe a un trabajo insuficiente de la pasta que al estar muy espesa detiene el trabajo hasta alcanzar las propiedades físicas y químicas requeridas, por lo que se propone seguir realizando pruebas de la pasta con distintas dosificaciones hasta alcanzar un colado exitoso y en corto tiempo.



REGISTRO DE CONTROL DE FORMACIÓN PIEZAS POR TORNEADO							
LÍNEA YAPACUNCHI				CERART			
MÉTODO DE TORNEADO		ROLLER	Operario: Alfredo Mora				
			Fecha: 14 de Marzo - 14 de Abril del 2008				
Fecha	Total de piezas	Piezas buenas	Piezas malas	Espesor ala (mm)	Espesor pie (mm)	Tipo de defectos	Observaciones
14/03/2008	70	70	0	6.2	6.2	Variación en espesor de ala y de pie.	Arreglo del Roller y de la Bomba de la Cisterna 1. La pasta está espesa.
01/04/2008	225	200	25	6,2	6.2		
01/04/2008	100	80	20	5.5	5.5		
02/04/2008	314	300	14	4.0	4.0		
03/04/2008	416	400	16	4.0	4.0		
04/04/2008	418	400	18	4.0	4.0		
07/04/2008	318	300	18	3.5	3.5		
08/04/2008	313	300	13	3.5	3.5		
09/04/2008	344	330	14	3.4	3.5		
10/04/2008	220	150	70	3.5	3.6		
11/04/2008	140	100	40	3.6	3.6		
14/04/2008	233	215	18	3.6	3.5		
TOTAL:		3111	2845	266			

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- Durante los días que se recolectó esta información se observó que hay una cantidad de 266 piezas que son malas (defectuosas) y 2845 piezas buenas de un total de piezas formadas correspondientes a 3111. Las piezas malas presentaron una variación en su espesor de ala y de pie respectivamente debido a una descalibración continua del roller y a una variación en las propiedades del chorizo. Se puede notar además que no hay una mayor cantidad de información, esto se debió a que no había la suficiente materia prima para la moler y preparar la pasta y a su vez para continuar normalmente con el proceso.



REGISTRO DE CONTROL DE ABSORCIÓN BISCOCHO CERART											
Fecha:08 de Marzo del 2008											
LOCALIZACIÓN	METODO	PISOS							PROMEDIO ABSORCIÓN %	ESTÁNDAR INFERIOR %	ESTANDAR SUPERIOR %
		1	2	3	4	5	6	7			
Adelante Izquierdo	COLADO								15,60	14,00	17,00
Adelante Derecho											
Adelante medio			14,70		16,5						
Medio Izquierdo				15,60		16,40					
Medio Derecho											
Centro				15,30			17,40				
Atrás Izquierdo			15,00			17,00					
Atrás medio											
Atrás derecho											
PROMEDIO COLADO			14,9	15,5	16,5	16,7					
Adelante Izquierdo	ROLLER								14,00	11,00	14,00
Adelante Derecho			13,20				13,60				
Adelante medio					14,0						
Medio Izquierdo				13,40							
Medio Derecho							13,80				
Centro			13,50		14,2						
Atrás Izquierdo											
Atrás medio											
Atrás derecho											
PROMEDIO ROLLER			13,4	13,4	14,1		13,7				



...continuación

REGISTRO DE CONTROL DE ABSORCIÓN BISCOCHO CERART											
Fecha: 16 de Marzo del 2008											
LOCALIZACIÓN	METODO	PISOS							PROMEDIO ABSORCIÓN %	ESTÁNDAR INFERIOR %	ESTANDAR SUPERIOR %
		1	2	3	4	5	6	7			
Adelante Izquierdo	COLADO										
Adelante Derecho			14,50						14,50	14,00	17,00
Adelante medio						16,40	17,00		16,70		
Medio Izquierdo				15,60							
Medio Derecho					15,8				15,80		
Centro			14,60				17,20				
Atrás Izquierdo						16,8			16,80		
Atrás medio											
Atrás derecho											
PROMEDIO COLADO			14,6	15,6	15,8	16,6			15,64		
Adelante Izquierdo	ROLLER										
Adelante Derecho									12,40	11,00	14,00
Adelante medio			12,40						12,40		
Medio Izquierdo				12,80	13,2				13,00		
Medio Derecho						13,4	14,00				
Centro											
Atrás Izquierdo			12,30		13,5				12,90		
Atrás medio											
Atrás derecho											
PROMEDIO ROLLER			12,4	12,8	13,4	13,4	14,0		13,18		



...continuación

REGISTRO DE CONTROL DE ABSORCIÓN BISCOCHO CERART											
Fecha: 10 de Abril del 2008											
LOCALIZACIÓN	METODO	PISOS							PROMEDIO ABSORCIÓN %	ESTÁNDAR INFERIOR %	ESTANDAR SUPERIOR %
		1	2	3	4	5	6	7			
Adelante Izquierdo	COLADO			15,2					15,20	14,00	17,00
Adelante Derecho					16,4	16,80	17,2				
Adelante medio		14,80									
Medio Izquierdo				15,60							
Medio Derecho						16,4					
Centro					16,2		17				
Atrás Izquierdo		15,00									
Atrás medio											
Atrás derecho											
PROMEDIO COLADO			14,9	15,4	16,3	16,6			15,80		
Adelante Izquierdo	ROLLER								13,70	11,00	14,00
Adelante Derecho					14,0						
Adelante medio		13,40									
Medio Izquierdo				13,60		14,30	13,8				
Medio Derecho											
Centro		13,6			14,2						
Atrás Izquierdo											
Atrás medio											
Atrás derecho											
PROMEDIO ROLLER			13,5	13,6	14,1	14,3	13,8		14		



...continuación

REGISTRO DE CONTROL DE ABSORCIÓN BISCOCHO												
CERART												
Fecha: 22 de Abril del 2008												
LOCALIZACIÓN	METODO	PISOS							PROMEDIO ABSORCIÓN %	ESTÁNDAR INFERIOR %	ESTANDAR SUPERIOR %	
		1	2	3	4	5	6	7				
Adelante Izquierdo	COLADO	14,60							16,00	14,00	17,00	
Adelante Derecho												
Adelante medio				15,60	16,4							
Medio Izquierdo			15,20			17,20						
Medio Derecho							16,8					
Centro		14,90		15,90	16,5							
Atrás Izquierdo			15,30			17,00						
Atrás medio												
Atrás derecho												
PROMEDIO COLADO		14,8	15,3	15,8	16,5	17,1			15,86			
Adelante Izquierdo	ROLLER	13,20							13,75	11,00	14,00	
Adelante Derecho												
Adelante medio			13,50			14,00						
Medio Izquierdo				13,60								
Medio Derecho												
Centro					14,2							
Atrás Izquierdo		12,8	13,6									
Atrás medio												
Atrás derecho												
PROMEDIO ROLLER		13,0	13,6	13,6	14,2	14,0			13,67			

Fuente: Investigación experimental.
Elaboración: Laboratorio de CERART.

- Todos los valores están dentro de los rangos de control, lo cual nos indica si existe uniformidad de repartición de flujo de calor en el interior del horno, ya que si dentro del horno existe una diferencia de calor marcada entonces se obtendrían piezas en bizcocho con diferente grado de absorción de agua.

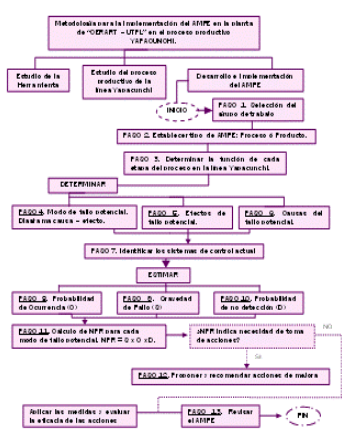


Anexo 6. Diapositivas de la capacitación al personal de CERART



- El AMFE o Análisis Modal de Fallos y Efectos, es un método dirigido a lograr el Aseguramiento de la Calidad, seguridad y/o fiabilidad de un sistema en todos los ámbitos de una empresa.
- Nuestro proyecto pretende reducir en lo posible el número de fallos y efectos en el proceso productivo de la línea Yapacunchi.
- Análisis completo y sistemático, identificando los fallos potenciales, y elaborando planes de acción correctivo para combatir los riesgos laborales, con esta información procedimos a generar las cartas AMFE para cada etapa del proceso.
- DIAGRAMA DE ISHIKAWA: ayuda a graficar las causas del problema que se estudia y analizarlas. Es llamado "Espina de Pescado" por la forma en que se van colocando cada una de las causas o razones que a entender originan un problema. Tiene la ventaja que permite visualizar de una manera muy rápida y clara, la relación que tiene cada una de las causas con las demás razones que inciden en el origen del problema.

INTRODUCCIÓN



METODOLOGÍA

1. PREPARACIÓN Y MOLIENDA DE MATERIAS PRIMAS

Objetivo: Evaluar que la pasta primaria tenga los parámetros adecuados para ser utilizada en la segunda etapa.

CAUSAS:

- Recepción y almacenamiento de Materias Primas
- Oreado
- Acondicionamiento
- Materias primas con propiedades fuera de rango
- Molino obsoleto
- Carga incorrecta de bolas
- Tiempo de Molienda
- Error en la pesada de MP
- Falta de experiencia del personal
- Operación deficiente

EFECCIO:
Pasta primaria con parámetros no adecuados

ACCIONES CORRECTORAS: Verificación del buen estado del espacio de almacenamiento de Materias Primas, Control del óptimo tiempo de oreado, inspección del tamaño de grano adecuado, control de las propiedades de la MP, mantenimiento del molino, control de la cantidad y tamaño de cuerpos molidores, vigilancia del tiempo de molienda, calibración y limpieza constante de la balanza, control del método de trabajo (Líder del laboratorio).

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

2. FILTROPRESADO DE LA PASTA

Objetivo: Extracción de agua y sales de la pasta para la formación de tortas de baja humedad.

CAUSAS:

- Tiempo de filtraprensa
- Funcionamiento de la filtraprensa.
- Pasta primaria sin parámetros adecuados.
- No hay control.

EFECCIO:
Exceso de agua la que puede contener cloruros y sulfatos

ACCIONES CORRECTORAS:
Controlar tiempo y funcionamiento de filtraprensa.
Trabajar con pasta que este dentro de los parámetros.
Llenar los registros de control.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

3. PREPARACIÓN DE BARBOTINA DE COLADO

Objetivo: Evaluar que la pasta o barbotina de colado cumpla con las propiedades físicas (viscosidad, tixotropía, humedad y densidad) de acuerdo a las especificaciones.

CAUSAS:

- Tortas de filtraprensado con humedad fuera de rango
- Almacenamiento de Tortas
- Blounger y Cisterna 2 en mal estado
- Tiempo de mezclado
- Error en los parámetros
- Falta de experiencia del personal
- Operación deficiente

EFECCIO:
Barbotina o pasta de colado deficiente

ACCIONES CORRECTORAS: Control específico de humedad de tortas, espacio acondicionado para tortas, ubicación ordenada, mantenimiento del Blounger y Cisterna N° 2, inspección del tiempo de mezclado, limpieza y calibración de la balanza, capacitación del personal y control del método de operación.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS



...continuación

4. EXTRUCCIÓN DE TORTAS

Objetivo: Compactar las tortas y eliminar la presencia de aire para formar chorizo.

CAUSAS:

- Tortas de filtro prensa sin humedad adecuada
- Extrusory bomba en mal estado
- Control de los parámetros del proceso.

EFECTO:

Chorizo con burbujas de aire.

ACCIONES CORRECTORAS:

- Verificar humedad de las tortas
- Trabajar con pasta que este dentro de los parámetros.
- Llenar los registros de control.
- Extrusor y bomba en buen funcionamiento.

20/04/2009 9

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

5. FORMACIÓN DE PIEZAS EN ROLLER

Objetivo: Evaluar que las piezas tengan el mismo espesor de ala y de pie unas con otras dentro del mismo lote.

CAUSAS:

- Chorizo deficiente
- Roller de mal funcionamiento
- Falta de experiencia del operario
- Corte inadecuado del chorizo
- Mala calibración del Roller

EFECTO:

Piezas con variación de espesor

- ACCIONES CORRECTORAS: Control riguroso de las Propiedades Físicas y químicas del chorizo, mantenimiento del Roller, capacitación del personal, inspección y cuidado en cada corte del chorizo, calibración y verificación del Roller.

20/04/2009 8

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

6. FORMACIÓN DE PIEZAS POR COLADO NORMAL Y A PRESIÓN

Objetivo: Realizar la formación de piezas por colado normal y a presión

CAUSAS:

- Propiedades de la pasta y naturaleza del defloculante.
- Moldes de yeso no apropiados.
- Control de los parámetros del proceso.
- Herramientas de trabajo no apropiadas.

EFECTO:

Pieza defectuosa

ACCIONES CORRECTORAS:

- Verificar propiedades de la pasta y defloculante
- Trabajar con pasta que este dentro de los parámetros.
- Llenar los registros de control.
- Herramientas en funcionamiento.

20/04/2009 9

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

7. SECADO DE PIEZAS

Objetivo: Evaluar que las piezas tengan un contenido de humedad específica del 4-6% previo su entrada al horno.

CAUSAS:

- Piezas con variación de humedad
- Secadero con mal funcionamiento
- Tiempo de secado
- Temperatura de secado
- Falta de conocimiento del operario
- Ausencia de experiencia
- Mala ubicación de las piezas en el Secadero
- Condiciones climáticas

EFECTO:

Piezas partidas

- ACCIONES CORRECTORAS: Control de Temperatura del secadero, calibración adecuada del ventilador, mantenimiento del secadero, inspección del tiempo de secado, capacitación del personal, orden y separación de las piezas dentro del secadero, control de las condiciones ambientales.

20/04/2009 10

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

8. RECORTE Y PULIDO DE PIEZAS

Objetivo: Eliminar rebabas recortar filos y obtener una pieza pulida y uniforme.

CAUSAS:

- Propiedades de la pasta.
- Herramientas de trabajo no apropiadas.
- Inspección

EFECTO:

Pieza defectuosa y con partiduras

ACCIONES CORRECTORAS:

- Trabajar con pasta que este dentro de los parámetros.
- Llenar los registros de control.
- Herramientas adecuadas

20/04/2009 11

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

10. QUEMA DE BIZCOCHO

Objetivo: Obtener piezas bizcocho con distintas características

CAUSAS:

- Propiedades de la pasta.
- Calibración del horno, ciclo de quema y tiempo
- Inspección
- Conocimiento y experiencia

EFECTO:

Bizcocho con defectos

ACCIONES CORRECTORAS:

- Trabajar con pasta que este dentro de los parámetros.
- Llenar los registros de control.
- Horno calibrado, dentro de la curva de cocción y tiempo apropiado.
- Atención y cuidado (responsable del horno)

20/04/2009 12

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS



...continuación

11. PREPARACIÓN DE COLORES BAJO ESMALTE

Objetivo: Evaluar que los bajo esmaltes cumplan con las propiedades físicas y químicas necesarias de acuerdo a los requerimientos de la planta.

CAUSAS:

- Lotes nuevos de pigmentos y aditivos
- Pigmentos Antiguos
- Almacenamiento de Materias Primas
- Tiempo de mezclado
- Error en los pesos
- Mezclador desgastado
- Horno dañado
- Falta de experiencia del personal
- Operación deficiente

EFECTO:
Cambio en la tonalidad del bajo esmalte

ACCIONES CORRECTORAS: Pruebas pequeñas de la eficacia de los nuevos lotes de MP, desechar pigmentos caducados y obsoletos, control en el almacenamiento de MP, inspección del tiempo de mezclado, calibración y limpieza de la balanza, mantenimiento del mezclador, verificar T° de quema, capacitación del personal, verificación de todo el método de trabajo.

20/04/2009 13

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

12.DECORACIÓN CON BAJO ESMALTE

Objetivo: Decorar las piezas con bajo esmalte de acuerdo a diseños establecidos

CAUSAS:

- Estrés, cansancio de decorador
- Formulación y tonalidad luego de la quema del esmalte
- % de absorción del bizcocho. Inspección
- Suoiedad de herramientas de trabajo

EFECTO:
Pieza manchada, alteración de color entre lote y lote

ACCIONES CORRECTORAS:
Buen ambiente de trabajo
Llevar registro de formulaciones de colores
Propiedades del bizcocho apropiadas
Herramientas en buen estado y limpias.

20/04/2009 14

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

13. MOLIENDA Y PREPARACIÓN DE ESMALTE

Objetivo: Evaluar que el esmalte base, transparente y/o de color cumplan con las propiedades físicas y químicas requeridas para su uso.

CAUSAS:

- Adquisición de nuevos Lotes de frita
- Frita de mala calidad
- Tiempo de molienda
- Error en la determinación de humedad, densidad y retenidos
- Molino sucio
- Molino con mal funcionamiento
- Error al cargar el material al molino
- Operación deficiente

EFECTO:
Cambio en la tonalidad del bajo esmalte

ACCIONES CORRECTORAS: Pruebas pequeñas para la eficacia de los nuevos lotes de Frita, no usar frita de mala calidad, control del tiempo de molienda, uso correcto de fórmulas, limpieza del molino, inspección de la carga de material que ingresa al molino, verificación de todo el método de trabajo, capacitación del operario.

20/04/2009 15

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

14.ESMALTACIÓN DE PIEZAS

Objetivo: Decorar las piezas con bajo esmalte de acuerdo a diseños establecidos

CAUSAS:

- Estrés, cansancio
- Formulación y propiedades del esmalte
- Materiales de trabajo no apropiados
- Suoiedad de herramientas de trabajo

EFECTO:
Piezas con defectos

ACCIONES CORRECTORAS:
Buen ambiente de trabajo
Llevar registro de formulaciones de colores
Propiedades del esmalte apropiadas
Herramientas en buen estado y limpias.

20/04/2009 16

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

15. QUEMA DE VIDRIO

Objetivo: Evaluar que el producto vidriado no presente defectos y cumpla con las condiciones de uso necesarias.

<p>CAUSAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coeficiente de dilatación del esmalte > al de la pasta • Curva de cocción incorrecta <p>EFECTO: CUARTEO (Son grietas finas y profundas)</p> <p>ACCIONES CORRECTORAS</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Aumento del coeficiente de expansión de la pasta □ Control periódico del ciclo de quema 	<p>CAUSAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modificaciones en la pasta • Modificaciones en el vidriado <p>EFECTO: DESCASCARILLADO (Desprendimiento del esmalte)</p> <p>ACCIONES CORRECTORAS</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Aumento de plasticidad de la pasta □ Reducir la cantidad de sílice (fundente)
--	---

20/04/2009 17

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

15. QUEMA DE VIDRIO

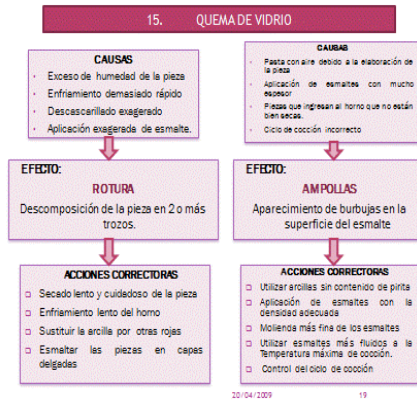
<p>CAUSAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Retraso en la contracción del esmalte • Exceso de humedad en las piezas. • Modificaciones en el esmalte • Trabajo defectuoso de la arilla <p>EFECTO: CUARTEO RETARDADO Aparece luego que la pieza ha sido extraída del horno</p> <p>ACCIONES CORRECTORAS</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Utilizar esmaltes que finalizada la cocción estén sometidos a compresión □ Realizar pruebas con nuevas arcillas □ Aumentar en contenido de fundentes □ Acondicionar correctamente el esmalte que se va a utilizar 	<p>CAUSAS</p> <p>Fisuras debidas a la cocción</p> <p>EFECTO: FISURACIÓN Desprendimiento brusco de la capa de esmalte</p> <p>ACCIONES CORRECTORAS</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Vigilar el enfriamiento a T° críticas □ Emplear curvas de cocción adecuadas
--	---

20/04/2009 18

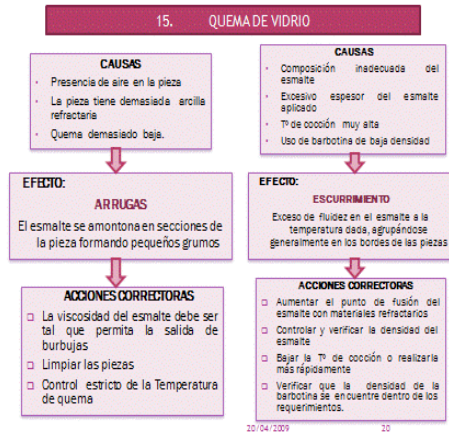
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS



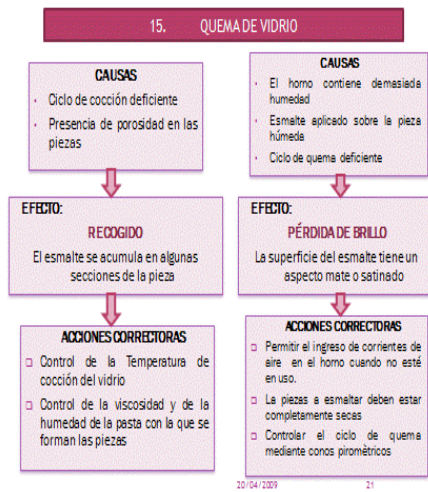
...continuación



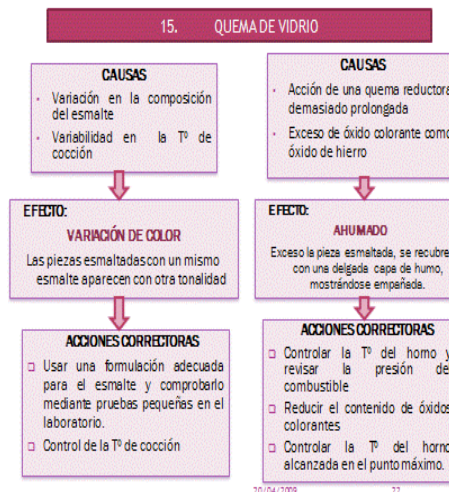
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS



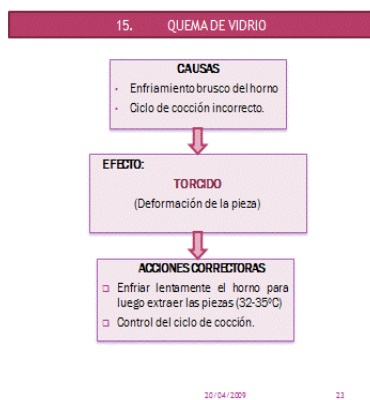
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS



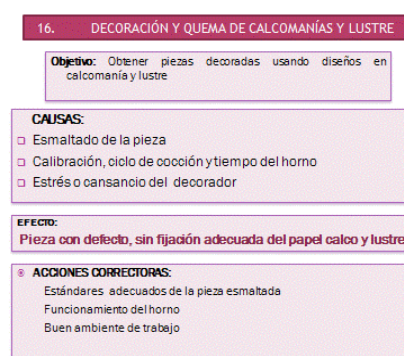
ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS



ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS



ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS



ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

Elaboración: Las autoras

**Anexo 7.** Informe de los resultados de la capacitación al personal de CERART

El día 16 de Enero del 2009, se dictó la capacitación a todo el personal de CERART, sobre los resultados de nuestro proyecto de fin de carrera, el mismo que consistió en aplicar una herramienta de calidad conocida como: “Análisis Modal de Fallos y Efectos”. Durante la realización de este trabajo se encontró algunos fallos y se analizó los posibles fallos que podrían presentarse durante el proceso de la línea “Yapacunchi” para lo cual se elaboró una serie de acciones correctivas y preventivas para evitar los mismos.

En el transcurso de la capacitación se llegó a concluir en acuerdo con el personal que se necesita determinados elementos con urgencia ya que son útiles para que en las distintas áreas del proceso se pueda desempeñar un mejor trabajo y se cree conveniente que con la solución de las necesidades requeridas y detalladas en este informe es posible lograr una mejor eficiencia en las labores que se realizan en la planta.

PASO UNO. Molienda y preparación de materias primas.

PROBLEMA	ACCIONES DE MEJORA PROPUESTAS
La materia prima almacenada, está contaminada con tierra, raíces y se mezclan unas con otras por el viento.	Tapar con plásticos cada materia prima, o en lo posible construir casetas simples para separarlas unas de otras y cubrirlas de los efectos del clima y evitar la contaminación. Además se optimiza el tiempo en la selección del material.
Para el proceso de molienda se requiere de gran esfuerzo para introducir la materia prima en el molino porque la carga es pesada.	Se sugiere colocar poleas simples para facilitar el ingreso del material en el molino, con lo cual se agiliza el proceso y se previene cualquier circunstancia de peligro para el operario.

PASO DOS. Filtroprensado de la pasta.

PROBLEMA	ACCIONES DE MEJORA PROPUESTAS
La bomba de la filtroprensa no está funcionando con la potencia necesaria y es por eso que el proceso está tardando mayor tiempo.	Mantenimiento de la bomba por parte de una persona capacitada.

**PASO CUATRO.** Extrusión de tortas

ACCIONES DE MEJORA PROPUESTAS
Mantenimiento del extrusor para prevenir cualquier fallo posterior en el equipo.

PASO CINCO. Formación de piezas en roller

PROBLEMA	ACCIONES DE MEJORA PROPUESTAS
El sistema de encendido del secadero permanece dañado.	Arreglo del sistema de encendido del secadero y mantenimiento del equipo. Mantenimiento y revisión del roller para corregir la descalibración del mismo y evitar la variación en el espesor de los platos.

PASO OCHO. Recorte y pulido de piezas

PROBLEMA	ACCIONES DE MEJORA PROPUESTAS
El personal no cuenta con el equipo de protección necesario para realizar eficazmente su trabajo.	Proveer a los operarios de esta área correctores de espalda para evitar daños en su salud laboral por la postura que diariamente mantienen para realizar el pulido y el recorte de las piezas.

PASO ONCE. Decoración con bajo esmalte

PROBLEMA	ACCIONES DE MEJORA PROPUESTAS
Existe una gran afección en la salud del personal por la postura requerida para realizar la decoración en las piezas y porque las sillas son inapropiadas para el trabajo.	Proveer al personal de correctores de espalda que faciliten y armonicen la realización de su trabajo, así como de mangas plásticas que eviten que la piel roce con los colores o lustres produciendo alergias. Además la facilitación de sillas ortopédicas y adecuadas que en lo posible estén a la altura de la mesa. La implementación de una cámara de extracción de olores debido a que el material que se utiliza en decoración es muy fuerte y tóxico, afectando los empleados porque las mascarillas comunes que se utilizan tienen poco poder de protección.

**PASO CATORCE.** Esmaltación de piezas

PROBLEMA	ACCIONES DE MEJORA PROPUESTAS
El operario de esta área no cuenta con las herramientas necesarias para realizar la limpieza de las cafeteras y que utiliza para el esmaltado.	Proveer al operario de herramientas como: playo, desarmador, aceite de máquina, esponjas, cepillos metálicos que necesita frecuentemente para desarmar, revisar y mantener limpias y en buen estado las cafeteras y boquillas, etc.

LABORATORIO.

PROBLEMA	ACCIONES DE MEJORA PROPUESTAS
No es posible realizar pesajes sobre los 1500g. porque la balanza no tiene más capacidad y por eso se debe en muchas ocasiones realizar más de 5 pesadas lo cual no permite agilizar los procesos dentro del laboratorio.	Se sugiere hacer la adquisición de una balanza nueva que pese sobre los 3Kg para optimizar el tiempo en el laboratorio y lograr pesajes precisos y correctos que conlleven a mejorar todas las formulaciones que se realizan con frecuencia.
La balanza actual es bastante antigua y debido al uso y a la falta de mantenimiento no pesa con precisión, lo cual influye totalmente en la tonalidad de los colores y en las distintas formulaciones de pasta y esmalte que se realizan. Además por la ubicación de la misma dentro del laboratorio se contamina y ensucia con facilidad.	Acondicionar un espacio exclusivo dentro del laboratorio provisto de unas perchas para colocar la balanza. Dar mantenimiento al horno pequeño para determinar si funciona o no, para realizar las pruebas de colores, esmalte etc.

**Anexo 8.** Registros de control de CERART (20 de Enero al 20 de Febrero del 2009)

REGISTRO DE CONTROL DE MOLIENDA PASTA YAPACUNCHI CERART - UTPL						
Fecha	Tiempo de molienda (horas)	Retenidos reales (%)	Densidad (g/cm ³)	Humedad (%)	Responsable	Decisiones
20/01/2009	8	2.72	1.42	51.20	Diana Guaya.	.....
21/01/2009	7	4.80	1.44	53.20	Diana Guaya.	Realizar 1h más de molienda.
22/01/2009	8	5.47	1.45	49.20	Diana Guaya.	Realizar 2h más de molienda.
23/01/2009	8	4.93	1.44	54.80	Diana Guaya.	Realizar 1,5h más de molienda.
18/02/2009	8	4.87	1.46	48.80	Diana Guaya.	Realizar 1,5h más de molienda.
19/01/2009	6	3.31	1.45	52.80	Diana Guaya.	Realizar la adición de reactivos más 30 min más de molienda.

 Valores fuera de los estándares permitidos.

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- Como se puede observar no existe una gran recolección de datos debido a que no había materia prima suficiente durante este tiempo por esta razón sólo se realizaron 6 moliendas. Los valores indicados en la tabla hacen referencia a que no se está cumpliendo con los parámetros establecidos por el laboratorio tanto para densidad y humedad. Existe una mediana variación de los valores de retenidos reales comparados con los estándares (Hum=44-46%, ρ = 1.50-1.54 g/cm³ y Ret. Real= 2.7-3.3).



REGISTRO DE CONTROL EN PASTA CISTERNA N° 1 - LÍNEA YAPACUNCHI CERART						
Fecha	Humedad de pasta (%)	Densidad (g/cm ³)	Retenidos reales (%)	Responsable	Observaciones	Decisiones
16/01/2009	50.8	1.42	2.46	Diana Guaya.	La pasta se encuentra muy fina.	Se requiere más molienda.
19/01/2009	52.4	1.44	2.93	Diana Guaya.	....	....
21/01/2009	53.1	1.45	3.00	Diana Guaya.	....	....
26/01/2009	51.8	1.43	3.25	Diana Guaya.	....	....
28/01/2009	49.9	1.41	2.99	Diana Guaya.	....	....
02/02/2009	50.6	1.42	2.84	Diana Guaya.	....	....
05/02/2009	50.2	1.42	2.50	Diana Guaya.	....	....
09/02/2009	52.1	1.43	2.75	Diana Guaya.	....	....
11/02/2009	52.5	1.44	2.91	Diana Guaya.	....	....
16/02/2009	50.5	1.42	2.87	Diana Guaya.	....	....
18/02/2009	52.3	1.44	2.90	Diana Guaya.	....	....

Valores fuera de los estándares permitidos.

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- ✓ Los valores detallados manifiestan una total variación con respecto a los parámetros utilizados para la humedad y densidad. Los valores de retenidos reales presentaron una mínima variación.



REGISTRO DE PROCESO DE EXTRUSIÓN DE LA LÍNEA YAPACUNCHI CERART					
Fecha	# de Lote	Humedad de Tortas	Humedad de Chorizo	Responsable	Decisiones
21/01/2009	1	27.70	26.80	Diana Guaya.	Se encuentra dentro del rango de H(%).
26/01/2009	1	28.10	25.90	Diana Guaya.	Se encuentra dentro del rango de H(%).
28/01/2009	1	27.30	26.30	Diana Guaya.	Se encuentra dentro del rango de H(%).
02/02/2009	1	27.50	26.10	Diana Guaya.	La humedad se encuentra en el rango (%).
05/02/2009	2	26.90	26.50	Diana Guaya.	La humedad se encuentra en el rango (%).
09/02/2009	2	27.25	26.40	Diana Guaya.	La humedad está dentro del rango (%).
11/02/2009	2	28.30	27.10	Diana Guaya.	La humedad está dentro del rango (%).
16/02/2009	1	27.60	26.30	Diana Guaya.	La humedad está dentro del rango (%).

Valores fuera de los estándares permitidos.

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- ✓ Observando la tabla podemos decir que durante este tiempo de medición y recolección de datos, la humedad de las tortas no se encontró dentro de los límites permisibles que corresponde a Hm=24-26%, mientras que el chorizo presentó una humedad favorable porque se mantuvo dentro de los estándares establecidos por la planta que es una Hm= 22-44%.



REGISTRO DE CONTROL DE PREPARACIÓN DE PASTA DE COLADO BLOUNGER LÍNEA YAPACUNCHI CERART											
Fecha	Humedad de Tortas (%)	Cantidad de Tortas (#, Kg)	Cantidad de agua de mezcla (litros)	Gramos de Defloculantes(g)	Tiempo de mexclado (min)	Humedad (%)	Densidad (g/cm ³)	Viscosidad (seg)	Tixotropía	Responsable	Desiciones
15/01/2009	27.90	450	180	2000	180	42.0	1.58	39.42	2.80	Diana G.	Añadir agua y mezclar 1 hora más.
20/01/2009	27.50	450	180	2000	180	45.0	1.50	7.03	1.59	Diana G.	Añadir defloculante.
21/01/2009	26.80	450	180	2000	180	46.5	1.53	22.44	1.25	Diana G.	Añadir 500g de defloculante.
27/01/2009	27.10	450	180	2000	180	45.4	1.54	17.05	1.17	Diana G.	Añadir 300g de defloculante.
04/02/2009	26.95	450	180	2000	180	46.3	1.53	21.14	1.25	Diana G.	Añadir 400g de defloculante.
17/02/2009	26.98	450	180	2000	180	47.9	1.52	25.38	1.31	Diana G.	Añadir 600g de defloculante.

Valores fuera de los estándares permitidos.

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- ✓ Al revisar la humedad de la pasta preparada en el Blounger se pudo observar que hubo una mínima variación y de forma general se encontró dentro límites permitidos (Hm=43-46%), en cambio en la densidad se evidenció un pequeño cambio en dos de sus valores y los demás datos registrados se encontraban dentro de los estándares.



REGISTRO DE CONTROL EN PASTA CISTERNA N° 2 - LÍNEA YAPACUNCHI CERART						
Fecha	Humedad (%)	Densidad (g/cm ³)	Viscosidad (s)	Responsable	Observaciones	Decisiones
14/01/2009	48.0	1.52	30.34	Diana Guaya.	Se añadió 500g de defloculante.	....
16/01/2009	49.5	1.51	20.74	Diana Guaya.	Se añadió 500g de defloculante.	....
19/01/2009	46.7	1.53	19.25	Diana Guaya.	Agregar 20Lt de agua +500g de defloculante.	....
21/01/2009	45.0	1.54	25.30	Diana Guaya.	Agregar 30Lt de agua +800g de defloculante.	....
23/01/2009	47.9	1.52	30.20	Diana Guaya.	Agregar 30Lt de agua +500g de defloculante.	....
26/01/2009	46.8	1.53	28.40	Diana Guaya.	Agregar 30Lt de agua +250g de defloculante.	La cantidad de defloculante y agua a añadir depende de
28/01/2009	47.7	1.52	22.10	Diana Guaya.	Agregar 10Lt de agua +200g de defloculante.	la cantidad de pasta existente
30/01/2009	47.9	1.52	15.00	Diana Guaya.	Agregar 5Lt de agua +100g de defloculante.	....



...continuación

02/02/2009	47.5	1.52	18.00	1.11	Diana Guaya.	Agregar 10Lt de agua +300g de defloculante.	....
04/02/2009	47.0	1.53	17.40	1.15	Diana Guaya.	Agregar 20Lt de agua +200g de defloculante.	....
06/02/2009	45.3	1.54	16.50	1.09	Diana Guaya.	Agregar 30Lt de agua +500g de defloculante.	....
09/02/2009	47.9	1.52	28.00	1.32	Diana Guaya.	Agregar 10Lt de agua +400g de defloculante.	....
11/02/2009	46.5	1.53	24.3	1.40	Diana Guaya.	Agregar 10Lt de agua +200g de defloculante.	....
13/02/2009	45.8	1.54	21.00	1.35	Diana Guaya.	Agregar 20Lt de agua +300g de defloculante.	....
16/02/2009	43.0	1.55	29.00	1.29	Diana Guaya.	Agregar 40Lt de agua +500g de defloculante.	....
19/02/2009	49.0	1.52	17.00	1.09	Diana Guaya.	Agregar 5Lt de agua +200g de defloculante.	....

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- Se puede observar que un poco más de la mitad de los valores de humedad de la pasta registrados se encontraron fuera del límite (Hm=43-46%), la densidad evidenció una mínima variación en sus valores en relación a los límites permitidos ($\rho = 1.51-1.54 \text{ g/cm}^3$), la viscosidad registró gran alteración en la mayor parte de sus valores, comparados con el rango permisible ($\mu = 25-45$), y la tixotropía no presentó una variación significativa de valores porque un poco menos de la mitad estuvo fuera de los estándares ($tx = 1.1-1.6$).



REGISTRO DE CONTROLES EN PASTA DE COLADO TANQUE N° 1 DE LA LÍNEA YAPACUNCHI CERART								
Fecha	Lugar de toma de muestra	Humedad (%)	Densidad (g/cm ³)	Viscosidad (seg)	Tixotropía	Responsable	Decisiones	Conclusión
14/01/2009	Tanque N° 1.	48.0	1,52	14.18	1.21	Gabriel Jumbo.	Agregar 6Lt de agua +200g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
15/01/2009	Tanque N° 1.	47.5	1.53	15.2	1.25	Diana Guaya.	Agregar 8Lt de agua +250g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
16/01/2009	Tanque N° 1.	47.6	1.53	23.12	1.13	Diana Guaya.	Agregar 7Lt de agua +250g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
19/01/2009	Tanque N° 1.	45.4	1.54	38.04	1.38	Diana Guaya.	Agregar 10Lt de agua +300g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
20/01/2009	Tanque N° 1.	45.2	1.54	42.04	1.45	Diana Guaya.	Agregar 12Lt de agua +300g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
21/01/2009	Tanque N° 1.	49.0	1.52	24.5	1.04	Diana Guaya.	Agregar 5Lt de agua +200g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
22/01/2009	Tanque N° 1.	48.7	1.52	14.5	1.04	Diana Guaya.	Agregar 5Lt de agua +100g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
23/01/2009	Tanque N° 1.	47.1	1.53	24.7	1.17	Diana Guaya.	Agregar 10Lt de agua +300g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
26/01/2009	Tanque N° 1.	45.3	1.54	34.31	1.22	Diana Guaya.	Agregar 15Lt de agua +300g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
27/01/2009	Tanque N° 1.	45.7	1.54	38.56	1.42	Diana Guaya.	Agregar 15Lt de agua +350g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
28/01/2009	Tanque N° 1.	46.0	1.53	28.22	1.14	Diana Guaya.	Agregar 5Lt de agua.	Añadir defloculante + agua.
29/01/2009	Tanque N° 1.	45.9	1.53	17.16	1.03	Diana Guaya.	Agregar 8Lt de agua.	Añadir defloculante + agua.
30/01/2009	Tanque N° 1.	45.4	1.53	20.44	1.2	Diana Guaya.	Agregar 8Lt de agua +300g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
02/02/2009	Tanque N° 1.	48.0	1.52	27.41	1.31	Diana Guaya.	Agregar 5Lt de agua +300g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
03/02/2009	Tanque N° 1.	47.2	1.53	29.84	1.51	Diana Guaya.	Agregar 8Lt de agua +400g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
04/02/2009	Tanque N° 1.	48.8	1.52	24.37	1.02	Diana Guaya.	Agregar 8Lt de agua +400g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
05/02/2009	Tanque N° 1.	49.1	1.52	27.25	1.03	Diana Guaya.	Agregar 3Lt de agua.	Añadir defloculante + agua.
06/02/2009	Tanque N° 1.	48.9	1.52	22.34	1.14	Diana Guaya.	Agregar 7Lt de agua +200g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.



...continuación

09/02/2009	Tanque N° 1.	49.5	1.51	24.35	1.2	Diana Guaya.	Agregar 5Lt de agua +200g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
10/02/2009	Tanque N° 1.	48.7	1.52	25.15	1.03	Diana Guaya.	Agregar 5Lt de agua +100g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
11/02/2009	Tanque N° 1.	50.1	1.48	24.29	1.00	Diana Guaya.	....	Añadir defloculante + agua.
12/02/2009	Tanque N° 1.	49.1	1.52	20.12	1.01	Diana Guaya.	Agregar 5Lt de agua.	Añadir defloculante + agua.
13/02/2009	Tanque N° 1.	49.1	1.52	20.12	1.01	Diana Guaya.	Agregar 5Lt de agua.	Añadir defloculante + agua.
16/02/2009	Tanque N° 1.	49.9	1.51	20.25	1.03	Diana Guaya.	Agregar 5Lt de agua.	Añadir defloculante + agua.
17/02/2009	Tanque N° 1.	49.7	1.51	17.94	1.25	Diana Guaya.	Agregar 5Lt de agua +200g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
18/02/2009	Tanque N° 1.	48.9	1.52	31.97	1.38	Diana Guaya.	Agregar 5Lt de agua +300g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
19/02/2009	Tanque N° 1.	49.1	1.51	27.41	1.3	Diana Guaya.	Agregar 5Lt de agua +200g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.

 Valores fuera de los estándares permitidos.

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- Al revisar los datos se observó que al menos 20 de los valores registrados durante 1 mes se encontraron fuera del límite permitido (Hm=43-46%), en la densidad solo uno de los valores se encontró fuera de los límites permitidos ($\rho = 1.51-1.54 \text{ g/cm}^3$), la viscosidad en cambio mostró gran alteración en 16 de los valores de la tabla, los cuales no estaban dentro del rango permisible ($\mu = 25-45$), finalmente la tixotropía del tanque presentó variación en los valores obtenidos que difirieron de los estándares ($tx = 1.1-1.6$).
- Con estos antecedentes el laboratorio informó que gran parte de la variación se debía a que el defloculante que se estaba utilizando en ese entonces y hasta hoy es de baja calidad y que la materia prima que comúnmente se utiliza para la molienda se había terminado y los lotes nuevos estaban en proceso de prueba para encontrar una formulación adecuada por lo que aún era difícil tener una pasta acorde a las necesidades de la planta.



REGISTRO DE CONTROLES EN PASTA DE COLADO TANQUE N° 2 DE LA LÍNEA YAPACUNCHI CERART								
Fecha	Lugar de toma de muestra	Humedad (%)	Densidad (g/cm ³)	Viscosidad (seg)	Tixotropía	Responsable	Decisiones	Conclusión
13/02/2009	Tanque N° 2.	45.1	1.54	70.62	2.00	Diana Guaya.	Agregar 12Lt de agua +400g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
14/02/2009	Tanque N° 2.	49.3	1.52	34.59	1.03	Diana Guaya.	Agregar 12Lt de agua +400g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
15/02/2009	Tanque N° 2.	50.3	1.49	20.42	1.38	Diana Guaya.	Agregar 12Lt de agua +400g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
16/02/2009	Tanque N° 2.	49.8	1.5	17.37	1.02	Diana Guaya.	Agregar 5Lt de agua.	Añadir defloculante + agua.
17/02/2009	Tanque N° 2.	47.1	1.53	31.97	2.01	Diana Guaya.	Agregar 8Lt de agua +400g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.
18/02/2009	Tanque N° 2.	47.1	1.53	31.97	2.01	Diana Guaya.	Agregar 8Lt de agua +400g de defloculante.	Añadir defloculante + agua.

 Valores fuera de los estándares permitidos.

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- No hubo recolección total de datos, esto se debe a que hubieron 2 semanas durante la cuales se realizó un mantenimiento e inventario de toda la planta y por tal razón no se trabajó normalmente, además por las inclemencias del clima no había materia prima suficiente para las moliendas y por ende no había gran cantidad almacenada en el Tanque N°2. Al revisar la humedad de la pasta se encontró que casi todos los valores se encontraron fuera del límite permitido (Hm=43-46%), para la densidad en cambio se evidenció una leve variación en sus valores ($\rho = 1.51-1.54 \text{ g/cm}^3$), la viscosidad registró gran alteración de casi todos sus valores los cuales no estaban dentro del rango permisible ($\mu = 25-45$) y en la tixotropía del tanque se encontró que por lo menos el 90 % de los valores obtenidos no estuvieron acorde al los estándares ($tx = 1.1-1.6$).



REGISTRO DE CONTROL DE RECORTE Y PULIDO DE PIEZAS CERART						
Operario:			Líder de área:			
Fecha	Cantidad de piezas recibidas	Cantidad de piezas pulidas	Piezas buenas	Piezas malas	Tipo de defectos	Observaciones
19/01/2009	234	213	213	11	Trizados.	....
20/01/2009	245	242	242	23	Burbujas.	....
21/01/2009	255	233	233	28	Partidos.	....
22/01/2009	252	229	229	23	Gruesos.	....
23/01/2009	232	216	216	16	Torcidos.	....
28/01/2009	170	164	164	6	Burbujas.	....
29/01/2009	251	239	239	12	Partidos.	....
30/01/2009	218	212	212	6	Burbujas.	....
02/02/2009	240	231	231	9	Partidos.	....
03/02/2009	221	207	207	14	Partidos.	....
04/02/2009	248	225	225	23	Burbujas.	....
05/02/2009	80	80	80	....	....	....
06/02/2009	327	305	305	22	Partidos.	....
09/02/2009	226	210	210	16	Hundidos.	....
10/02/2009	380	345	345	35	Partidos.	....
11/02/2009	308	295	295	13	Torcidos.	....
12/02/2009	366	321	321	45	Partidos.	....
13/02/2009	305	250	250	5	Burbujas.	....
TOTAL:	4558	4217	4217	136		

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- Se puede observar que de un total de 4558 piezas 136 de ellas presentaron defectos, esto fue gracias a un oportuno mantenimiento del horno, ya que necesitaba un ajuste en su calibración, lo cual puede visualizarse en los resultados de la quema de vidrio.



REGISTRO DE CONTROL DE FORMACIÓN PIEZAS POR TORNEADO							CERART
LÍNEA YAPACUNCHI			Operario: Alfredo Mora				
MÉTODO DE TORNEADO			Fecha: 19 de Enero - 19 de Febrero del 2009 del 2008				
ROLLER							
Fecha	Total de piezas	Piezas buenas	Piezas malas	Espesor ala (mm)	Espesor pie (mm)	Tipo de defectos	Observaciones
15/01/2009	216	200	16	6.0	6.0	Variación en espesor de ala y de pie.	Ayuda en carga de molino y en preparación de pasta del Blounger.
16/01/2009	215	200	15	6.0	6.1		....
19/01/2009	314	300	14	6.1	6.0		....
20/01/2009	309	300	9	6.1	6.1		....
21/01/2009	140	140	0	5.5	5.6		....
22/01/2009	140	140	0	5.5	5.5		....
23/01/2009	148	140	8	5.6	5.5		....
28/01/2009	265	250	15	5.5	5.9		....
29/01/2009	149	140	9	5.5	5.8		....
30/01/2009	259	250	9	5.6	5.9		5:30 a 09:00 descarga de horno Ñucanchik y de 13:30 a 16:00 se pega calcos.
TOTAL:		2155	2060	95			

Fuente: Investigación experimental.
 Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- De acuerdo a los resultados obtenidos los defectos más sobresalientes son: Partidos, hundidos y la presencia de burbujas, evidenciando de un total de 1944 piezas formadas un valor de 287 piezas malas y 1651 piezas en buen estado. La presencia de esta cantidad notoria de piezas defectuosas se debe a un excesivo tiempo de colado, lo cual es consecuencia de una formulación deficiente de la pasta de colado, por lo que es importante reformular y dosificar la pasta realizando varias pruebas hasta alcanzar las propiedades adecuadas que optimicen el proceso. No se registraron más datos para el mes de Febrero en vista de que por la escasez de material no se realizaron moliendas continuamente y por ende no había suficiente pasta en los tanques.



REPORTE DE CONTROL DE QUEMA DE BIZCOCHO LÍNEA YAPACUNCHI CERART			
Fecha:		Mes de Febrero del 2009	
Responsable:		Fernando Peñafiel	
Fecha de quema	Piezas tipo A	Piezas tipo B	Total de piezas quemadas
30/01/2009	2783	184	3185
12/02/2009	1908	434	2342
TOTAL	4691	618	5527

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- Durante este lapso de tiempo no hubieron muchas quemadas debido a que se estaba dando un mantenimiento al horno, por tanto se realizaron dos quemadas de bizcocho, generando un total de 5527 piezas de las cuales 4691 fueron de tipo A y las 618 restantes fueron piezas de tipo B. Con estos datos se pudo registrar una eficiencia 0.85; esto debido a que se necesitaba calibrar un poco más el horno.



REGISTRO DE CONTROL DE MOLIENDA ESMALTE YAPACUNCHI CERART						
Fecha	Tiempo de molienda (horas)	Retenidos reales (%)	Densidad (g/cm ³)	Humedad (%)	Responsable	Decisiones
21/01/2009	3	0.57	1.58	39.0	Diana Guaya.	Descargar el molino luego de haber hechos las pruebas.
12/02/2009	3	0.50	1.59	38.5	Diana Guaya.	Descargar el molino luego de haber hechos las pruebas.
21/02/2009	3	0.48	1.59	38.0	Diana Guaya.	Descargar el molino luego de haber hechos las pruebas.

Valores fuera de los estándares permitidos

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- Los datos mostrados en la tabla están en pequeña proporción debido a que a falta de material no se ha realizado gran número de moliendas durante este tiempo.
- Al analizar los datos obtenidos podemos decir que los resultados no han sido favorables porque casi todos los datos de Retenidos reales, humedad y densidad difieren de los estándares permitidos (Ret. Reales= 0.7-1.0, Hm= 39-41% y ρ =1.48-1.52 g/cm³).



REPORTE DE CONTROL DE QUEMA DE VIDRIO LÍNEA YAPACUNCHI CERART				
Fecha:		Mes de Febrero del 2009		
Responsable:		Fernando Peñafiel		
Fecha de quema	Piezas tipo A	Piezas tipo B	Piezas tipo C	Total de piezas quemadas
04/02/2009	530	184	41	755
06/02/2009	715	143	38	896
11/02/2009	762	198	16	976
16/02/2009	595	197	66	858
TOTAL:	2602	722	161	3485

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- Durante el tiempo de recolección de los datos no se realizaron gran cantidad de quemas, escasamente se registraron 4 quemas porque el horno se encontraba en mantenimiento por casi un mes. Los datos que se muestran en la tablas indican en prime lugar una baja producción de piezas quemadas (vidriadas) alcanzando un valor de 3485, de las cuales 2602 son de tipo A, un número de 722 piezas de tipo B que presentan un exceso o una falta de esmalte, despostillados, piezas con lechosidad o en las que no ha fundido bien el esmalte y no resalta el color, puntos negros, piezas con defectos por manipulación, piezas con chorreado leve, piezas pegadas entre sí con un mínimo desprendimiento del vidrio o del bajo esmalte, pérdida de brillo, piezas con variaciones en el color y piezas que presenten de 2-3 ampollas. Existe también una cantidad significativa de 161 piezas de tipo C que no son de gran agrado para el cliente por no presentar los requerimientos físicos y de uso respectivo, dentro este grupo se encuentran aquellas piezas con defectos mayores como son: trizaduras profundas, craquelados, escamas, hervido del esmalte, despostillado y chorreado abundante, recogido del vidrio, cuarteamiento retardado, presencia de gran cantidad de ampollas, hinchazones y arrugas.
- A pesar de ello durante este lapso de tiempo la eficacia arrojó un valor correspondiente a 0.75.



REGISTRO DE CONTROL DE FORMACIÓN PIEZAS POR TORNEADO							
LÍNEA YAPACUNCHI				CERART			
MÉTODO DE TORNEADO		ROLLER		Operario:		Fecha	
				Alfredo Mora		19 de Enero - 19 de Febrero del 2009del 2008	
Fecha	Total de piezas	Piezas buenas	Piezas malas	Espesor ala (mm)	Espesor pie (mm)	Tipo de defectos	Observaciones
15/01/2009	216	200	16	6.0	6.0	Variación en espesor de ala y de pie.	Ayuda en carga de molino y en preparación de pasta del Blounger.
16/01/2009	215	200	15	6.0	6.1		....
19/01/2009	314	300	14	6.1	6.0		....
20/01/2009	309	300	9	6.1	6.1		....
21/01/2009	140	140	0	5.5	5.6		....
22/01/2009	140	140	0	5.5	5.5		....
23/01/2009	148	140	8	5.6	5.5		....
28/01/2009	265	250	15	5.5	5.9		....
29/01/2009	149	140	9	5.5	5.8		....
30/01/2009	259	250	9	5.6	5.9		5:30 a 09:00 descarga de horno Ñucanchik y de 13:30 a 16:00 se pega calcos.
TOTAL:		2155	2060	95			

Fuente: Investigación experimental.

Elaboración: Sistema de Gestión de Calidad CERART 2007.

- Observamos que el defecto más sobresaliente es la variación de espesor tanto de ala como de pie en las piezas formadas dentro de un mismo lote. De los valores obtenidos 7 de los mismos no presentan uniformidad en ambos espesores alcanzando un total de 2155 piezas formadas, de las cuales 2060 son piezas buenas y un valor de 95 piezas no están conforme a los estándares establecidos. Cabe señalar registraron más datos porque no había la pasta suficiente para preparar el chorizo y a su vez formar las piezas.

**ANEXO 5. Glosario técnico**

- **Cerámica.**-Productos formados a partir de materiales inorgánicos como arcilla, feldespato, cuarzo, etc.; cocidas, vidriadas o no vidriadas, con propiedades diferentes a las iniciales.
- **Pasta.**-El término pasta abarca tanto la mezcla de materias primas preparadas para la fabricación de cualquier producto, como también la parte principal de dicho producto, en oposición a la cubierta, esmalte, vidriado o barniz.
- **Blounger.**-Equipo que puede servir como mezclador y triturador de materiales cerámicos.
- **Filtroprensado.**- Proceso mediante el cual se extrae las sales y el agua en exceso de una pasta cerámica.
- **Arcilla.**- Este término se aplica a aquellos depósitos térreos naturales que poseen la singular propiedad de la plasticidad.
- **Plástico.**- El termino *plástico*, indica que una arcilla puede absorber agua y, con una cantidad dada, llegar a un estado en que por la aplicación de presión puede deformarse sin ruptura y conservar la nueva forma cuando desaparece la presión.
- **Barniz, esmalte.**-Capa delgada de vidrio que se coloca en la superficie de los productos cerámicos para dar un buen acabado, mejorar dureza y brillo y volverla impermeable.
- **Cuero.**- Es la pasta que ha recibido forma hasta cuando entra en el horno para ser quemada o cocida.
- **Bizcocho.**-Pieza de cerámica cocida sin esmalte.
- **Barbotina.**-Suspensión de la pasta en agua; el primer paso de la pasta es convertirse en barbotina.
- **Chamota.**-Arcilla o pasta quemada y después chancada o pulverizada.
- **Desgrasante.**-Material que disminuye la plasticidad de las arcillas (Sílice libre, feldespato, caliza, chamota, etc.).
- **Defloculante.**- Material tensoactivo que incorporado en pequeñas proporciones disminuye la viscosidad de las barbotinas (Silicato de sodio, carbonato de sodio).
- **Floculante.**-Son sustancias que se utilizan en casos específicos para espesar barbotina o esmaltes o bien como agentes de suspensión. Los más comunes son el sulfato de magnesio y el cloruro de calcio.
- **Frita.**-Materiales llevados hasta las fusiones completas y sometidas a enfriamiento brusco (shock térmico).



- **Craquelado.**-Fisuras que presenta el esmaltado en la pieza terminada y que se aprecian como finas líneas en la capa de esmalte, resultado de un mayor coeficiente de expansión térmica del esmalte con respecto al del cuerpo cerámico.
- **Humedad higroscópica.**- Cantidad de agua que absorbe la materia prima del ambiente.
- **No vitrificado (No vítreo).**-El grado de vitrificación evidenciado por una absorción de agua relativamente alta, $> 10 \%$.
- **Semivitrificado (Semivítreo).**-El grado de vitrificación evidenciado por una absorción de agua moderada o intermedia $\geq 0,5 \%$ y $\leq 10 \%$.
- **Vitrificado (Vítreo).**- El grado de vitrificación evidenciado por una absorción de agua baja $< 0,5 \%$.
- **Vidriado (Esmaltado).**-Recubrimiento vítreo en base a óxidos inorgánicos, firmemente adheridos al cuerpo de la pieza cerámica. También se lo denomina esmalte, y ambas expresiones se aplican por igual al acabado vítreo resultado de estas operaciones.
- **Vitrificación.**-Progresiva reducción y eliminación de la porosidad de una composición cerámica con la formación de una fase vítrea, como resultado del tratamiento con calor.
- **Pasta desfloculada.**- Pasta con una buena fluidez.
- **Pasta floculada.**- Pasta con viscosidad elevada y presencia de flóculos.