

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE FABRICACIÓN
DE LADRILLOS PARA LA REDUCCIÓN DE MERMAS EN LA
EMPRESA CERÁMICOS DETT S.A.C., RIOJA – SAN MARTÍN**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR (A)

ROMINA BRIGITTE GALVEZ CHERO

ASESOR (A)

Mgr. VANESSA LIZET CASTRO DELGADO

Chiclayo, 2019

DEDICATORIA

A Dios, por su infinita bondad y bendiciones sobre mí, por ser mi fortaleza en momentos de debilidad y por darme la sabiduría suficiente para culminar satisfactoriamente esta etapa profesional.

A mi madre, Gloria Chero Campos, por acompañarme durante todo este arduo camino y que mediante sus sabios consejos y constante motivación aprendí a no desfallecer ni rendirme ante nada y perseverar.

A mi hermana Brunela, porque sé que desde el cielo cuidas de mí y a pesar de no poder verte ni escucharte, te haces notar en cada cosa buena que me sucede, en cada logro y en cada momento de fortaleza, desde aquí te dedico todos mis triunfos.

A mi abuela, tíos y primos, por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios y a mi angelito de la guardia Brunela, quien intercede por mí ante nuestro creador, por guiar cada uno de mis pasos durante todo mi camino, por haberme permitido haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y darme las fuerzas necesarias para superar obstáculos y dificultades que se presentaron en el intento.

De igual forma, a mi madre, quien más que una mamá ha sido mi mejor amiga y mi ejemplo a seguir, por todo su amor y apoyo incondicional en todo el trayecto de mi vida, por todo su esfuerzo para sacarme adelante y siempre creer en mí, gracias a ti hoy puedo ver alcanzada una de mis metas, y porque el orgullo que sientes por mí fue lo que me hizo llegar hasta el final.

A todos los colaboradores de la empresa “Cerámicos DETT S. A. C.” por proporcionarme toda la información necesaria para realizar esta investigación.

A mi asesora la Ing. Vanessa Castro Delgado por su apoyo constante y orientación durante el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
ÍNDICE.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN	11
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA	12
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	12
2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	15
2.2.1 Ladrillo	15
2.2.2 Características del ladrillo	15
2.2.3 Merma.....	16
2.2.4 Tipos de Sistemas de Producción	16
2.2.5 Producción.....	17
2.2.6 Indicadores de Productividad	18
2.2.7 Diagrama de procesos de producción.....	21
2.2.8 Diagrama de Causa – Efecto	22
2.2.9 Estudio de tiempos	23
2.2.10 Medición del trabajo.....	23
2.2.11 Mantenimiento Industrial	24
2.2.12 Distribución de Planta	26
2.2.13 Proyección de demanda (Regresión Lineal).....	28
III. RESULTADOS	29
3.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	29
3.1.1 LA EMPRESA	29
3.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN.....	33
3.2.1 Producto.....	33
3.2.2 Materiales e insumos	35
3.2.3 Proceso de Producción	43
3.2.4 Sistema de Producción	48
3.2.5 Análisis para el Proceso de Producción.....	49
3.2.6 Indicadores Actuales de Producción y Productividad	58

3.3 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y SUS CAUSAS	66
3.3.1 Problemas, Causas y Propuestas de Solución en el Sistema de Producción	68
3.4 DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN	80
3.4.1 Desarrollo de Mejoras	80
3.4.2 Nuevos Indicadores de Producción y Productividad.....	111
3.4.3 Cuadro Comparativo de Indicadores	115
3.5 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	116
IV. CONCLUSIONES	120
V. RECOMENDACIONES	121
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122
VII. ANEXOS	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama Ishikawa según método de las 6M	22
Figura 2. Esquema del Systematic Layout Planning	27
Figura 3. Planta Industrial “Cerámicos DETT S.A.C.”	29
Figura 4. Mapa de ubicación de la Carretera Fernando Belaúnde Terry – Rioja	30
Figura 5. Organigrama de la empresa.....	32
Figura 6. Área de almacén de materia prima.....	43
Figura 7. Tolva de recepción	44
Figura 8. Proceso de mezclado	45
Figura 9. Área de secado	47
Figura 10. Etapa final del horno	48
Figura 11. Diagrama de bloques.....	49
Figura 12. Diagrama de Operaciones de Proceso (DOP)	55
Figura 13. Diagrama de Análisis de Proceso (DAP).....	56
Figura 14. Diagrama de recorrido para la elaboración de ladrillo pandereta	57
Figura 15. Variación mensual de mermas de ladrillo pandereta en el año 2016.....	59
Figura 16. Diagrama Causa - Efecto de mermas en el proceso de producción de ladrillos en Cerámicos DETT S.A.C.	66
Figura 17. Desperdicios a lo largo de la empresa.....	78
Figura 18. Distribución de planta actual de Cerámicos DETT S.A.C.....	79
Figura 19. Diagrama de correlación para la ubicación de áreas	106
Figura 20. Distribución de planta propuesta.....	107
Figura 21. Diagrama de recorrido propuesto.....	108
Figura 22. Diagrama de líneas de la producción total de ladrillos en Cerámicos DETT	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de Mundel.....	24
Tabla 2. Dimensiones y peso de los ladrillos según la empresa.....	33
Tabla 3. Ficha técnica ladrillo pandereta.....	34
Tabla 4. Composición de la arcilla roja.....	35
Tabla 5. Puestos y cantidad de mano de obra.....	37
Tabla 6. Lista de máquinas.....	38
Tabla 7. Ficha técnica del mezclador horizontal.....	39
Tabla 8. Ficha técnica de la laminadora.....	40
Tabla 9. Ficha técnica de la extrusora.....	41
Tabla 10. Ficha técnica de la cortadora.....	42
Tabla 11. Cálculo de tiempos promedio por actividad.....	51
Tabla 12. Cálculo del número de observaciones por actividad.....	52
Tabla 13. Cálculo de los tiempos promedio según el número de observaciones.....	53
Tabla 14. Tiempos promedio de producción.....	54
Tabla 15. Producción mensual año 2016 ladrillo pandereta.....	59
Tabla 16. Materia prima utilizada en el año 2016.....	60
Tabla 17. Trabajadores del área de producción.....	61
Tabla 18. Resumen de los indicadores actuales.....	65
Tabla 19. Identificación de problemas, causas y posibles soluciones.....	67
Tabla 20. Registro de fallas en el año 2016.....	70
Tabla 21. Costo de los componentes de las máquinas por mantenimiento correctivo ...	71
Tabla 22. Costo de mano de obra por mantenimiento correctivo.....	72
Tabla 23. Nivel de instrucción de personal en áreas críticas.....	73
Tabla 24. Verificación de capacitación de personal en área crítica.....	74
Tabla 25. Evaluación de personal en áreas críticas.....	75
Tabla 26. Distancias y tiempos de transportes.....	77
Tabla 27. Ficha técnica de la balanza industrial para camiones.....	81
Tabla 28. Proporciones de materia prima.....	82
Tabla 29. Formato del proceso de pesado de materia prima.....	82
Tabla 30. Procedimiento del proceso de carga de materia prima.....	84
Tabla 31. Ficha técnica del sensor de humedad Hydro-Probe.....	86
Tabla 32. Procedimiento del proceso de amasado.....	88
Tabla 33. Formato del proceso de amasado.....	89
Tabla 34. Acciones de prevención ante las fallas.....	92
Tabla 35. Plan de Mantenimiento preventivo.....	93
Tabla 36. Costo de componentes de máquinas por mantenimiento preventivo al año...	94
Tabla 37. Costo de mano de obra por mantenimiento preventivo al año.....	95
Tabla 38. Programa de capacitación dirigida al personal de Cerámicos DETT S.A.C.	98
Tabla 39. Plan anual de capacitaciones.....	99
Tabla 40. Costo por capacitación al personal.....	99
Tabla 41. Cálculo del factor de calificación por actividad.....	100
Tabla 42. Cálculo del tiempo normal por actividad.....	101
Tabla 43. Valor porcentual de suplementos por actividad.....	102
Tabla 44. Tiempos estándar por actividad.....	103
Tabla 45. Áreas en la empresa Cerámicos DETT S.A.C.....	104
Tabla 46. Matriz de relación entre los departamentos de Cerámicos DETT S.A.C.....	105
Tabla 47. Nuevas distancias y tiempos de transportes.....	109

Tabla 48. Producción mensual con un 15% de mermas	111
Tabla 49. Nuevos puestos de trabajo en el área de producción	113
Tabla 50. Resumen de los Nuevos Indicadores	115
Tabla 51. Cuadro comparativo de indicadores	115
Tabla 52. Pronóstico de la producción total	117
Tabla 53. Flujo de caja económico de la propuesta de mejora.....	118
Tabla 54 Período de recuperación	119

RESUMEN

Cerámicos DETT S. A. C., es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de ladrillos ubicada en la ciudad de Rioja, departamento de San Martín. Actualmente, la organización presenta el problema de una excesiva cantidad de mermas a lo largo del proceso de producción, por un total de 4 313, 059 millares de ladrillos en el 2016, un 28% del total de producción, los cuales fueron desechados, trayendo consigo un descenso considerable de la productividad y pérdidas económicas significativas que ascienden a un total de S/ 1 643 385,88 sobre la empresa.

Se diagnosticó la situación actual de la empresa y se identificó que las principales causas que originan las mermas en Cerámicos DETT S. A .C. se deben a una desproporción en la mezcla de la materia prima, a un mantenimiento de máquinas inadecuado y no planificado, a la falta de capacitación del personal, a la falta de tiempos estándares y a la presencia de áreas mal distribuidas.

Se plantearon propuestas con el fin de reducir las mermas en Cerámicos DETT S. A .C., entre las que se nombran la implementación de una balanza industrial, de sensores de humedad, contar con planes de capacitación al personal llevadas a cabo cada dos años, realizar un mantenimiento preventivo a la maquinaria en función a una programación anual establecida, estandarizar tiempos en el proceso con un cálculo nuevo de 342,58 minutos y realizar una mejora en la distribución de las áreas con una reducción total de distancia entre áreas equivalente a 100,5 m y un ahorro en tiempo de 20,42 minutos. Con las mejoras implementadas se logró mejorar los indicadores actuales de producción, productividad y porcentaje de mermas de un 28% a un 15%.

Todas las propuestas anteriormente nombradas tienen una inversión de 555 156,02 soles a lo largo de los 5 años, con un periodo de recuperación de un año, haciendo de este un proyecto muy rentable para la empresa en estudio.

Palabras claves: Ladrillera, mermas, mejora de proceso productivo.

ABSTRACT

Ceramics DETT S. A. C., is a company dedicated to the manufacture and commercialization of bricks located in the city of Rioja, department of San Martín. Currently, the organization presents the problem of an excessive amount of waste throughout the production process, for a total of 4 313, 059 thousands of bricks in 2016, 28% of the total production, which were discarded, bringing with a significant decrease in productivity and significant economic losses amounting to a total of S / 1 643 385.88 on the company.

The current situation of the company was diagnosed and it was identified that the main causes that cause the losses in Ceramics DETT S. A. C. are due to a disproportion in the raw material mix, inadequate and unplanned machine maintenance, lack of staff training, lack of standard times and presence of poorly distributed areas.

Proposals were proposed in order to reduce the losses in Ceramic DETT S. A. C., among which are named the implementation of an industrial scale, humidity sensors, staff training plans carried out every two years, preventive maintenance to the machinery in function of an established annual schedule, to standardize times in the process with a new calculation of 342,58 minutes and to realize an improvement in the distribution of the areas with a total reduction of distance between areas equivalent to 100.5 m and one saving time of 20.42 minutes. With the implemented improvements, it was possible to improve the current indicators of production, productivity and percentage of losses from 28% to 15%.

All the previously mentioned proposals have an investment of 555 156,02 soles over the 5 years, with a recovery period of one year, making this a very profitable project for the company under study.

Keywords: Brick, waste, process improvement.

I. INTRODUCCIÓN

El sector construcción es en la actualidad el de mayor dinamismo y crecimiento, no sólo a nivel de Perú sino a nivel de la región latinoamericana, donde se estiman más de 42 mil, siendo en su mayoría pequeñas empresas que producen en forma artesanal, generando hasta el 50% de la producción.

La comercialización y la producción de acabados cerámicos en el país están íntimamente vinculadas con el crecimiento económico en general, el desarrollo del mercado inmobiliario, así como también con el aumento de los ingresos de las familias.

La empresa Cerámicos DETT S. A. C., es una de las 122 empresas ladrilleras concentradas y registradas en el Departamento de San Martín. Esta empresa se encuentra ubicada exactamente en la Carretera Fernando Belaúnde Terry – km. 465, Rioja, Perú; y fue creada en el año 2012.

El ladrillo elaborado por Cerámicos DETT S. A. C. utiliza como base una mezcla de arcilla roja (70%) y arena (30%), propia de la zona; siendo el Ladrillo Modelo Pandereta, producto bandera que será utilizado para la ejecución de la investigación en base al cual se desarrollará todo este trabajo, por ser uno de los más producidos con una total de 15 586, 522 millares de ladrillos en el año 2016 y por consiguiente, el que genera mayor número de residuos en el proceso de producción.

Actualmente, Cerámicos DETT S. A. C. presenta serios problemas en el proceso de medición de proporciones de la materia prima, puesto que es realizada de manera empírica generando disconformidad en la mezcla. Esta disconformidad trae consigo complicaciones en el proceso de amasado, debido que al generar una mezcla de materia prima con proporciones inadecuadas resulta hacer de esta, una mezcla seca capaz de obstruir el siguiente proceso, por esta razón, en este proceso se añade cierta cantidad de agua a la mezcla, proceso que tampoco es controlado, alterando una vez más la mezcla y los rangos de porcentaje de humedad establecidos para su moldeo.

Son estas actividades realizadas deficientemente que ponen en riesgo la función del proceso del horno, puesto que no puede realizarse de manera uniforme y al final del proceso productivo se obtienen ladrillos cocidos con grietas o fracturas que degradan su calidad como producto final o, lo que en otros términos conocemos como “mermas”, generando grandes pérdidas para la empresa.

En el año 2016, la empresa Cerámicos DETT S. A. C., obtuvo mermas de la producción de ladrillo por un total de 4 313,059 millares de ladrillos, los cuales fueron desechados, trayendo consigo un descenso considerable de la productividad y pérdidas económicas significativas que ascienden a un total de S/ 1 643 385,88 sobre la empresa.

Frente a lo descrito anteriormente, surge la pregunta ¿cuáles son las mejoras del proceso productivo que deben implementarse en la empresa Cerámicos DETT S. A. C. para reducir sus mermas de producción?

Para resolver esta interrogante se plantea como objetivo principal en el presente trabajo de investigación mejorar el proceso productivo de la fabricación de ladrillos para la reducción de mermas en la empresa Cerámicos DETT S. A. C., analizando todas las etapas de producción y así aumentar la productividad, disminuir los tiempos y crear un impacto positivo en la empresa en función de la rentabilidad y costo beneficio, ya que al disminuir las mermas se obtendrá un producto más conforme que estará apto de inmediato para su comercialización.

Para cumplir con este objetivo se proponen los siguientes objetivos específicos: diagnosticar la situación actual del proceso productivo de ladrillos de la empresa Cerámicos DETT S. A. C.; proponer la mejora del proceso productivo de fabricación de ladrillos en la empresa Cerámicos DETT S. A. C. y finalmente, realizar el análisis costo-beneficio de la propuesta.

Por otro lado, es importante mencionar que la presente investigación se basa explícitamente en datos confidenciales de la empresa en mención y de fuentes confiables.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Para que lo planteado tenga una base donde se pueda sustentar que lo que se viene realizando tendrá un efecto positivo en la empresa, se realizó la búsqueda de artículos científicos que nos sirvan de antecedentes.

Sánchez et al. (2014), en su investigación: *“Evaluación de mezclas de arcillas para la fabricación de ladrillos refractarios que sirvan para la reconversión tecnológica de los hornos utilizados en norte de Santander”* basada en la fabricación de ladrillos refractarios que se ajusten a las necesidades de las empresas, iniciando con la selección de materias primas de la región y sus alrededores muestreadas en planta, se llevó a cabo la caracterización de las materias primas a través de la aplicación de los siguientes ensayos: contracción en cocido, pérdidas por calcinación, absorción de agua y densidad aparente, los cuales fueron realizados según métodos internacionales, luego se realizaron, seis formulaciones con las materias primas caracterizadas, y posteriormente con estas mezclas se elaboraron probetas prensadas de forma rectangular (110 mm de largo, 55 mm de ancho, 0,8 mm de espesor) a nivel de laboratorio, mediante la aplicación las etapas del proceso productivo para fabricación de ladrillo refractario, dichas probetas fueron caracterizadas, y finalmente se seleccionaron las mezclas más apropiadas para la fabricación de un prototipo de ladrillo refractario a escala real, llegando a la conclusión que los ladrillos refractarios fabricados durante esta investigación se consideran aptos para ser empleados en la construcción o reconstrucción de hornos tipo colmena, esto teniendo en cuenta que dichos ladrillos soportan una temperatura de 1430°C a 1349°C y los hornos colmena

utilizados en Norte de Santander trabajan a temperaturas máximas de entre 950°C y 1080°C.

Martínez y Lira (2014), en su investigación: ***“Evaluación de los factores de influencia en el modelo de Luikov durante el secado de ladrillo”*** basada en reducir el agua presente en los materiales, ya que el exceso de humedad tiene efectos adversos en los materiales empleando la metodología de Liu et al. (1991), donde se evalúan todos los factores de influencia involucrados mediante la ley de propagación de incertidumbre, llegaron a la conclusión que la difusión es uno de los principales mecanismos que controla la transferencia de humedad en los ladrillos y que el modelo se puede aplicar satisfactoriamente para describir el proceso de secado en la región final del periodo de velocidad decreciente.

Solís (2014), en su investigación ***“Evaluación del proceso productivo de la planta industrial Ladrillera Terraforte de 2012 a 2013”***, realizó la evaluación y desempeño del proceso productivo de la Planta Ladrillera Industrial "Terraforte" durante el período 2012-2013, mediante una investigación y relevamiento de información en campo. Se tomó muestras de material a la entrada y salida de cada uno de los equipos 17 de proceso y se realizó ensayos en el laboratorio de: humedad y granulometría, además se obtuvo los datos de las condiciones de operación de los diferentes procesos, tales como: flujo másico, flujo volumétrico, temperatura y presión. Se procedió a realizar un análisis estadístico de los datos obtenidos. Con esta información se elaboró el diagrama de flujo de procesos y el balance de masa de la Planta Ladrillera Terraforte. Conjuntamente, se realizó un estudio energético de las unidades de pre-secado, secado y horno túnel. La Planta Ladrillera Terraforte tiene un rendimiento en la producción del 72%, el consumo energético de los equipos es de 3,442 kWh/día y la relación aire - combustible real del horno es de 6,2.

Según Álvarez y Mejía (2013) en la investigación “Mejora de la productividad en el área de confecciones de la empresa Best Group Textil S.A.C. mediante la aplicación de la metodología PHVA”, proponen incrementar la productividad del proceso de confecciones mediante la aplicación de la metodología Planear, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA), con el propósito de mejorar los indicadores ya calculados. Mediante los planes de mejora implementados en el proyecto, se logró incrementar la productividad de 0,5848 a 0,6196 prendas por sol; así mismo la eficacia de 42,66% a 68,23%; eficiencia de 49,59% a 73,06% y la efectividad de 21,16% a 49,85%. Adicionalmente se logró reducir los costos de fabricación por cada T-shirt en S/ 0,10; la evaluación de viabilidad del proyecto en dos escenarios, normal y pesimista mediante el estudio del VAN y el TIR, obteniéndose como resultado final un VAN de S/ 26 718,74 y TIR de 48% (Escenario Normal), VAN de S/ 16 815,09 y TIR de 31% (Escenario Pesimista).

Álvarez y Mejía (2013) in the research "Improvement of productivity in the clothing area of the company Best Group Textil S.A.C. through the application of the PDVA methodology", they propose to increase the productivity of the garment process through the application of the Plan, Do, Verify and Act methodology (PDVA), with the purpose of improving the indicators already calculated. Through the improvement plans implemented in the project, productivity was increased from 0,5848 to 0,6196 garments per sun; likewise the efficiency of 42,66% to 68,23%;

efficiency from 49,59% to 73,06% and effectiveness from 21,16% to 49,85%. Additionally, the manufacturing costs for each T-shirt were reduced by S/ 0,10; the viability evaluation of the project in two scenarios, normal and pessimistic by means of the study of the Net Present Value (NPV) and the Internal Rate of Return on investment (IRR), obtaining as a final result a NPV of S / 26 718,74 and IRR of 48% (Normal Scenario), NPV of S/ 16 815,09 and IRR of 31% (Pessimistic Scenario).

Según Betalleluz, (2012) en su investigación "**Mejora de la productividad en la elaboración de pisco puro no aromático**", tiene por objetivo general: mejorar el sistema de producción del pisco puro no aromático para mejorar la productividad de la materia prima. Para la ejecución de dicho estudio se planteó la siguiente metodología: a) identificar las operaciones inmersas en la producción del pisco puro no aromático mediante el Diagrama de Operaciones; b) identificar la operación considerada como el cuello de botella dentro de la producción, c) aplicar la mejora en la operación seleccionada, calculando su productividad; d) evaluar económicamente la mejora. Con el desarrollo de la metodología antes descrita, se demuestra que la mejora se debe realizar en la operación de fermentación, debido a que, el pisco preservará de manera más completa los sabores y aromas, además de favorecer los azúcares de los orujos; con ello, se incrementa en 50,98% la productividad. Finalmente, se evalúa económicamente la propuesta, de la cual resulta, que, el ahorro en kilogramos de materia primera necesaria es de 2,99 kg, por lo que, se ahorra S/ 3,35 por litro de pisco.

Betalleluz, (2012) in his research "**Improvement of productivity in the production of pure non-aromatic pisco**", has as general objective: to improve the production system of pure non-aromatic pisco to improve the productivity of the raw material. For the execution of this study the following methodology was proposed: a) identify the operations immersed in the production of pure non-aromatic pisco by means of the Operations Diagram; b) identify the operation considered as the bottleneck within the production, c) apply the improvement in the selected operation, calculating its productivity; d) economically evaluate the improvement. With the development of the methodology described above, it is demonstrated that the improvement must be carried out in the fermentation operation, because, the pisco will preserve in a more complete way the flavors and aromas, as well as favoring the sugars of the pomace; with this, productivity increases by 50,98%. Finally, the proposal is evaluated economically, from which it results, that, the saving in kilograms of necessary raw material is 2,99 kg, for which, S/ 3,35 per liter of pisco is saved.

2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1 Ladrillo

Los ladrillos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una cocción. Pueden utilizarse en toda clase de construcción es por ser su forma regular y fácil su manejo (Moreno, 1981).

Por otro lado, Scheneider y Dickey (1980), Marotta (2005) y Somayaji (2001) lo definen como una pequeña unidad de arcilla quemada para albañilería, de forma rectangular.

Según la Norma Técnica Peruana 331.017 (2003), el ladrillo es la unidad de albañilería fabricada con arcilla, esquisto arcilloso, o sustancias terrosas similares de ocurrencia natural, conformada mediante moldeo, prensado o extrusión y sometida a un tratamiento con calor a temperaturas elevadas (quema).

2.2.2 Características del ladrillo

Del Río (1975), Moreno (1981), Somayaji (2001) y Gallegos (2005), consideran que un ladrillo es bueno para muros de albañilería siempre y cuando posea características tales como estar bien moldeado, lo que da lugar a caras planas, lados paralelos y los bordes y ángulos agudos; ser poroso, sin exceso, para poder tomar bien el mortero; no contener sales solubles para no propiciar la eflorescencia; poseer un sonido metálico al ser golpeado con un martillo u otro objeto similar, puesto que cuando se da este sonido es una muestra que el ladrillo está bien cocido y no tiene defectos como fisuras.

El Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E.070 Albañilería) manifiesta que la aceptación de la unidad se da sólo si el ladrillo no tiene materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea. Además el ladrillo deberá estar bien cocido, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones; al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico. No tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad y/o resistencia. No tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

Además, la NTP 331-017 indica que los ladrillos estarán libres de defectos, deficiencias y tratamientos superficiales, incluyendo recubrimientos, que pudieran interferir con la adecuada colación del ladrillo o perjudicar significativamente la resistencia o el desempeño de la construcción.

2.2.3 Merma

Una merma es una pérdida o reducción física en el volumen, peso o unidad de las existencias, ocasionado por causas inherentes a su naturaleza o al proceso productivo que provoca una fluctuación. Técnicamente una merma es una pérdida de utilidades en término físico, el inconveniente de una merma es que es inevitable. (Cuevas et al, 2001)

Todas las empresas que cuentan con procesos, independientemente de cuál sea su rubro presentarán mermas en su sistema de producción, mermas que pueden ser o no ser significativas en la economía de la empresa. Muchas de estas pérdidas no son percibidas, porque se presentan en diferentes formas como polvo, humedad, daños por plagas entre otros. Para cada empresa las mermas son diferentes, razón por la cual no es fácil determinar cuál es la mejor metodología para realizar la determinación y el análisis de dichas mermas. (Asencio, 2010)

Las pérdidas que se producen en un proceso, al ser reducidas a parámetros aceptables mejoran la productividad de las empresas. Las mermas siempre existirán, no se pueden eliminar por completo de los procesos, pero es importante que se puedan determinar y controlar a un nivel de aceptabilidad adecuado para proteger los intereses de la empresa. (Dubón, 1999)

2.2.4 Tipos de Sistemas de Producción

Según Gervasi (2012) existen tres tipos básicos de Sistemas Productivos:

a) Sistemas por Proyectos

En estos sistemas, se obtienen uno o pocos productos con un largo periodo de fabricación.

Características principales:

- Se utiliza para producir únicos, tales como una casa, una lancha, una película.
- Se realiza en un lugar específico y no se puede hablar de un flujo del producto, sino de una secuencia de actividades a realizar para lograr avanzar en la construcción del proyecto sin tener contratiempos y buena calidad.
- Se debe enfocar en la planeación, secuencia y control de las tareas individuales.
- Para hacer las diferentes actividades en ningún contratiempo, sean estos materiales o humanos.
- Programando controlando para que se realicen con la máxima eficiencia.

b) Sistema Continuos o Producción en masa

En estos sistemas, las instalaciones, los productos y los flujos de producción se encuentran estandarizados.

Características principales:

- Poca diversificación, se producen grandes cantidades de un mismo producto.
- Líneas de producción generalmente automatizadas.
- Cualquier cambio en la línea de producción por cualquier motivo es costoso.
- Costos unitarios de Producción bajos, debido al alto volumen de producto manufacturado
- Labores de Mantenimiento Preventivo importantísimas, al parar una máquina, generalmente puede parar toda la línea.
- Los operarios siempre realizan la misma tarea para el mismo producto, de forma que la homogeneidad del proceso y la repetitividad de las operaciones son altas.
- Cada máquina y cada equipo están diseñados para realizar siempre la misma operación y preparados para aceptar de forma automática el trabajo que le es suministrado por una máquina precedente, que también ha sido especialmente diseñada para alimentar a la máquina que le sigue.

c) Sistemas Intermitentes o por Lotes

En estos sistemas, las instalaciones deben ser flexibles para producir una alta variedad de productos, y tiene como características principales:

- Cantidades regulares de producto manufacturado.
- Compleja distribución de la maquinaria, cada producto tiene una secuencia diferente de operaciones.
- Las instalaciones se adaptan a los cambios en los procesos.
- Poca automatización.
- Requiere de más trabajadores calificados.

2.2.5 Producción

La producción es la creación de bienes y servicios, en todas las organizaciones hay actividades de producción de bienes y servicios. En las empresas industriales, las actividades de producción de bienes son bastantes obvias, en ellas se ve la producción de un bien tangible. En las empresas que no producen un bien físico, la función de producción puede resultar menos obvia. Por otra parte se tiene la dirección de operaciones, que es la serie de actividades que crean valor en forma de bienes y servicios al transformar recursos en productos.

La producción se mide en cuanto a indicadores para poder determinar el volumen de producción en un determinado periodo de tiempo:

$$\text{Producción} = \frac{\text{Total de unidades producidas}}{\text{Periodo de tiempo}}$$

2.2.6 Indicadores de Productividad

a) Productividad

La productividad es la relación entre el producto obtenido y el conjunto de insumos empleados, que puede verse afectada por diversos factores externos como la disponibilidad de materias primas, mano de obra calificada, disponibilidad de capital e infraestructura existente; es ahí donde el apropiado diseño de procesos de procesos internos (administrativos y productivos) reconocen el mejoramiento continuo como principio fundamental para lograr la calidad de su gestión.

Según Koontz (2008), la productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado, sino de la eficiencia con que se han combinado y utilizado los recursos para lograr los resultados específicos deseables. Pudiendo ser medida, según la división de la producción con los insumos y por otro lado los resultados logrados con los recursos empleados.

Aumentar la productividad es un fin que buscan las empresas que desean permanecer activas en el mercado de bienes y servicios, que con el paso de los años han convertido esto en un objetivo estratégico debido a que “sin ella los productos o servicios no alcanzan los niveles de competitividad necesarios en el mundo globalizado”. (Medina, 2010)

Si partimos de que los índices de productividad se pueden determinar a través de la relación producto – insumo, teóricamente existen tres formas de incrementarlos tales como aumentar el producto y mantener el mismo insumo; reducir el insumo y mantener el mismo producto; y aumentar el producto y reducir el insumo simultánea y proporcionalmente.

Entonces, la productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado, sino de la eficiencia con que se han combinado y utilizado los recursos para lograr los resultados específicos deseables.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Resultados logrados}}{\text{Recursos empleados}}$$

La cantidad de recursos empleados puede ser la mano de obra, materia prima e insumos, capital, etc. Entonces para hallar la productividad tenemos las siguientes fórmulas:

- **Productividad de materia prima**

$$Pmp = \frac{\text{Entrada de MP}}{\text{Salida}}$$

- **Productividad del recurso humano**

$$Pmo = \frac{\text{Producción actual}}{\text{n}^\circ \text{ de operarios}}$$

- **Productividad económica**

$$Pcapital = \frac{\text{Producción actual}}{\text{Inversión en materiales}}$$

b) Eficiencia Física y económica

- **Eficiencia física (Ef)**

Relación aritmética entre la cantidad de materia prima existente en la producción total obtenida y la cantidad de materia prima, o insumos, empleados. Por lo tanto la eficiencia física es menor o igual a uno ($Ef \leq 1$).

$$\text{Eficiencia Física} = \frac{\text{Salida útil de Materia Prima}}{\text{Entrada de materia prima}}$$

- **Eficiencia Económica (Ee)**

Es la relación entre el total de ingresos o ventas y el total de egresos o inversiones de dicha venta. La eficiencia económica debe ser mayor que la unidad para que se pueda obtener beneficios ($Ee > 1$).

$$\text{Eficiencia Económica} = \frac{\text{Ventas (Ingresos)}}{\text{Costos (Inversiones)}}$$

c) Tiempo Estándar

Los tiempos estándares de trabajo son intervalos de tiempo necesarios para realizar un trabajo o parte de un trabajo. Cada empresa tiene tiempos estándares de trabajo, aunque puede existir alguna variación entre los métodos establecidos por métodos informales y los establecidos por métodos profesionales. (Heizer et al, 2001)

El estándar de tiempo es uno de los elementos de información de mayor importancia, con él se dan respuestas a los siguientes problemas:

- Programar maquinas, operaciones y personas para hacer el trabajo y entregarlo a tiempo, usando menos inventario.
- Determinar el balanceo de las líneas de ensamble.
- Determinar el rendimiento de los trabajadores e identificar las operaciones que tienen problemas para ser corregidas.

d) Cuello de Botella

Se denomina cuello de botella a todo elemento que disminuye o afecta el proceso de producción en una empresa. Este indicador determina la cantidad de piezas posibles después de un determinado periodo de tiempo.

King (2010) define al cuello de botella como cualquier recurso cuya capacidad es menor que la demanda requerida de él. En otras palabras, es el punto en el proceso producción donde el flujo tiende a ser más lento, los cuales pueden ser una máquina, operadores escasamente capacitados, herramientas especializadas, etc.

e) Capacidad

La capacidad es definida como el volumen de producción recibido, almacenado o producido sobre una unidad de tiempo, siendo producción el bien que produce la empresa, ya sea intangible o no.

- **Capacidad proyectada o diseñada:** Es la máxima producción teórica que se puede alcanzar bajo condiciones ideales.
- **Capacidad efectiva o real:** Es la producción real conseguida en un período determinado teniendo en cuenta las condiciones particulares de la empresa.
- **Capacidad utilizada:** es la capacidad actual, dadas las limitaciones operativas.
- **Capacidad ociosa:** Es la diferencia entre la capacidad real y utilizada.

f) Utilización

Es la producción real como porcentaje de la capacidad proyectada.

$$Utilización = \frac{Capacidad\ real}{Capacidad\ proyectada}$$

2.2.7 Diagrama de procesos de producción

Se define como diagrama de proceso a una representación gráfica relativa a un proceso industrial o administrativo (Niebel, 2011).

Entre los diagramas más utilizados están:

a) Diagrama de Operaciones del Proceso

El Diagrama de Operaciones del Proceso indica las operaciones e inspecciones, presentes en un determinado proceso; desde la toma de la materia prima hasta el empaque del producto terminado. Es importante señalar el tiempo de cada actividad y los materiales utilizados. Para la elaboración de éste tipo de diagramas es necesario observar directamente las actividades y tomar los tiempos de cada una de ellas.

Este diagrama ayuda a tomar decisiones en cuanto a las unidades que deban comprarse, y las que deben producirse en la propia empresa además nos sirve para un plan de distribución ya que muestra en forma clara las operaciones que deben ejecutarse con su secuencia y la maquinaria a utilizar.

b) Diagrama de Análisis del Proceso

También llamado diagrama detallado del proceso, diagrama de flujo del proceso o cursograma analítico.

El DAP, es la representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transporte, inspecciones, demoras y los almacenamientos que ocurren durante un proceso o procedimiento. Comprende toda la información que se considera deseable para el análisis tal como tiempo necesario y distancia recorrida

c) Diagrama de Recorrido

Es un plano del lugar de trabajo, indicando maquinaria, muebles y almacenes. Es útil para reorganizar la planta ya que se logra acortar transportes, encontrar nuevas áreas de almacenamiento temporal o permanente, estaciones de inspección y puntos de trabajo.

El Diagrama de Recorrido muestra dónde se realizan todas las actividades que aparecen en el Diagrama de Análisis del Proceso.

2.2.8 Diagrama de Causa – Efecto

Según Galgano (1995), el diagrama de Ishikawa o diagrama causa-efecto es un esquema que muestra la relación sistemática entre un resultado fijo y sus causas. Generalmente, el diagrama asume la forma de espina de pez, de donde toma el nombre alternativo de diagrama de espina de pescado.

El diagrama causa-efecto es una herramienta que ayuda a identificar, clasificar y poner de manifiesto posibles causas, tanto de problemas específicos como de características de calidad. Asimismo, ilustra gráficamente las relaciones existentes entre un resultado dado (efectos) y los factores (causas) que influyen en ese resultado. (Zapata et al, 2006)

Es probable que para cada efecto haya diversas categorías principales de causas. En general, existen seis categorías llamadas las 6M: mano de obra, material, métodos, máquina, medio ambiente y medición.

El esquema para la construcción del diagrama es como la figura que se muestra a continuación:

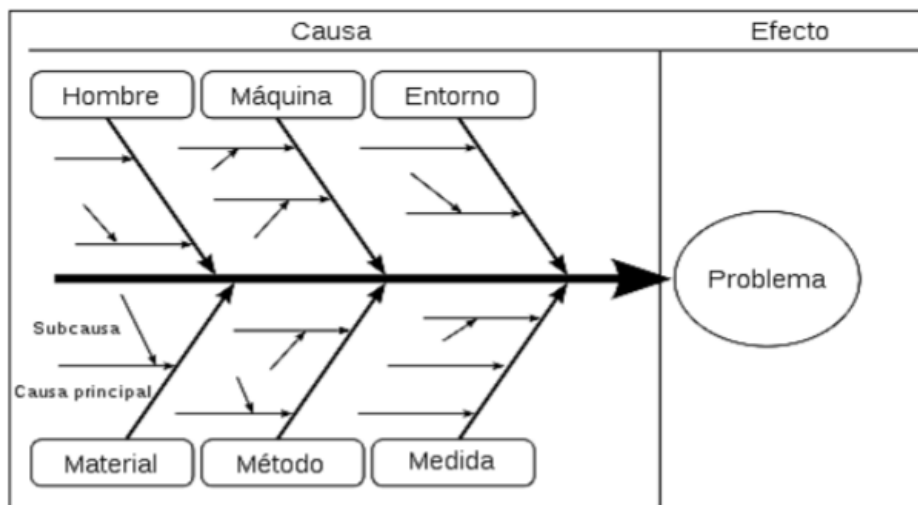


Figura 1. Diagrama Ishikawa según método de las 6M
Fuente: Gutiérrez (2009)

2.2.9 Estudio de tiempos

Según García (2005), el estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número de observaciones, el tiempo para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

El estudio de tiempos es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte el trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida, efectuándola según un método de trabajo preestablecido. (Neffa ,1982)

Esta actividad implica establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido de trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables.

El analista de estudios de tiempos tiene varias técnicas que se utilizan para establecer un estándar: el estudio cronométrico de tiempos, datos estándares, datos de los movimientos fundamentales, muestreo del trabajo y estimaciones basadas en datos históricos.

2.2.10 Medición del trabajo

Según Martínez (2004), en medidas del trabajo es corriente adoptar $\pm 5\%$ de desviación, 95% de probabilidad, es decir que se fija el número de observaciones de forma para obtener un 95% de probabilidades de que el valor obtenido no diferirá en más de un 5% del valor real. Para casos en los que la precisión de los resultados tiene poca trascendencia se suele adoptar un valor de $\pm 100\%$ para la desviación admitida, lo que reduce a una cuarta parte el número de observaciones necesarias.

Mundel desarrollo un método estadístico para el cálculo del número de observaciones necesarias, para el caso de $\pm 5\%$ -95%. El proceso es el siguiente:

Se mide una primera serie de 5 o 10 operaciones.

Se determina el valor más alto (A) y el más bajo (B).

Se calculan los valores $A-B$, $A+B$ y $(A-B)/(A+B)$.

Se entra con este último valor en la tabla 1 y en la columna 5 ó 10 según el número de la serie inicial de observaciones), y se lee el número de observaciones necesarias.

Tabla 1. Tabla de Mundel

(A-B)/(A+B)	Datos de muestra de		(A-B)/(A+B)	Datos de muestra de	
	5	10		5	10
0,05	3	1	0,28	93	53
0,06	4	2	0,29	100	57
0,07	6	3	0,3	107	61
0,08	8	4	0,31	114	65
0,09	10	5	0,32	121	69
0,1	12	7	0,33	129	74
0,11	14	8	0,34	137	78
0,12	17	10	0,35	145	83
0,13	20	11	0,36	154	88
0,14	23	13	0,37	162	93
0,15	27	15	0,38	171	98
0,16	30	17	0,39	180	103
0,17	34	20	0,4	190	108
0,18	38	22	0,41	200	114
0,19	43	24	0,42	210	120
0,2	47	27	0,43	220	126
0,21	52	30	0,44	230	132
0,22	57	33	0,45	240	138
0,23	63	36	0,46	250	144
0,24	68	39	0,47	262	150
0,25	74	42	0,48	273	156
0,26	80	46	0,49	285	163
0,27	86	49	0,5	296	170

Fuente: Agustín (2013)

2.2.11 Mantenimiento Industrial

Según García (2010) el mantenimiento se define como el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

Por otro lado, Cuatrecasas (2012) afirma que es necesario que los equipos de producción operen con los máximos niveles de eficiencia y de calidad, para consolidar un sistema productivo que pueda tener como objetivos, los tres “ceros”: cero despilfarros, cero defectos, cero averías, cero fallas y problemas de seguridad.

El objetivo final del mantenimiento industrial se puede sintetizar en los siguientes puntos:

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Reducir costos.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

Existen tipos de mantenimiento, entre ellos están::

a) Mantenimiento Correctivo: Se entiende por mantenimiento correctivo, a la corrección de las averías o fallas cuando estas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obliga a detener la instalación, equipos, maquina o edificios afectada por el fallo, la cual han dejado de prestar la calidad del servicio para lo cual fueron diseñados. Toda labor de mantenimiento correctivo, exige atención inmediata, por lo cual esta no puede ser debidamente programada y en ocasiones solo se tramita y controla por medio de reportes “máquina fuera de servicio”, efectuada por técnicos especializados que tienen por objetivo recuperar equipos descompuestos para ponerlo en servicio, que por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo, presenta costos por reparación y repuestos no presupuestadas, pues implica el cambio de algunas piezas del equipo. Utiliza materiales auxiliares de limpieza y lubricación y repuestos esenciales en el funcionamiento para sustituir los defectuosos.

b) Mantenimiento Preventivo: Céspedes (1981) afirma que el mantenimiento preventivo se aplica fundamentalmente para impedir, mediante la adecuada planificación y programación de las intervenciones periódicas que se harán, las fallas previstas en equipos, sistemas e instalaciones, que transforman ya sea el proceso productivo o el desempeño normal del elemento dañado. Este tipo de mantenimiento, a diferencia del correctivo, tiende a conservar en las mejores condiciones las instalaciones, los equipos, los sistemas, la maquinaria, y cualquier otro elemento que esté sometido a él. El objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando a cabo un mantenimiento planeado, basado en las inspecciones planificadas y programadas de los posibles puntos a fallas.

2.2.12 Distribución de Planta

Es la disposición ordenada de los recursos físicos utilizados para la producción de bienes, tales como maquinaria, equipo, trabajadores, espacios requeridos para el movimiento de materiales y su almacenaje.

Según Muther (1997) la distribución de planta busca obtener una ordenación racional y económica de todos los elementos involucrados en la producción (procesos, equipos, personas, material, entre otros) bajo los siguientes principios y/u objetivos:

- Integración conjunta de todos los factores que afectan la distribución de planta.
- Distancias mínimas para el movimiento de material.
- Flujo óptimo del trabajo a través de la planta.
- Utilización efectiva de todo el espacio.
- Minimizar el esfuerzo y seguridad en los trabajadores.
- Flexibilidad de ordenación para facilitar cualquier ajuste.

Existe una gran diversidad de métodos para la solución de problemas relacionados con la distribución de planta, sin embargo, el más conocido y del cual se tiene un mayor registro de utilización, además de ser el más completo es sin duda el método Systematic Layout Planning o Planeación Sistemática de la Distribución de Planta (S.L.P.), método desarrollado por Richard Muther. Es una forma organizada para realizar la planeación de una distribución con una serie de procedimientos y símbolos convencionales para identificar, evaluar y visualizar los elementos y áreas involucradas en la planeación.

En la figura 2, se puede observar el esquema general del método S.L.P., consta de cuatro grandes fases, cada una de ellas se encuentra integrada por una serie de pasos específicos.

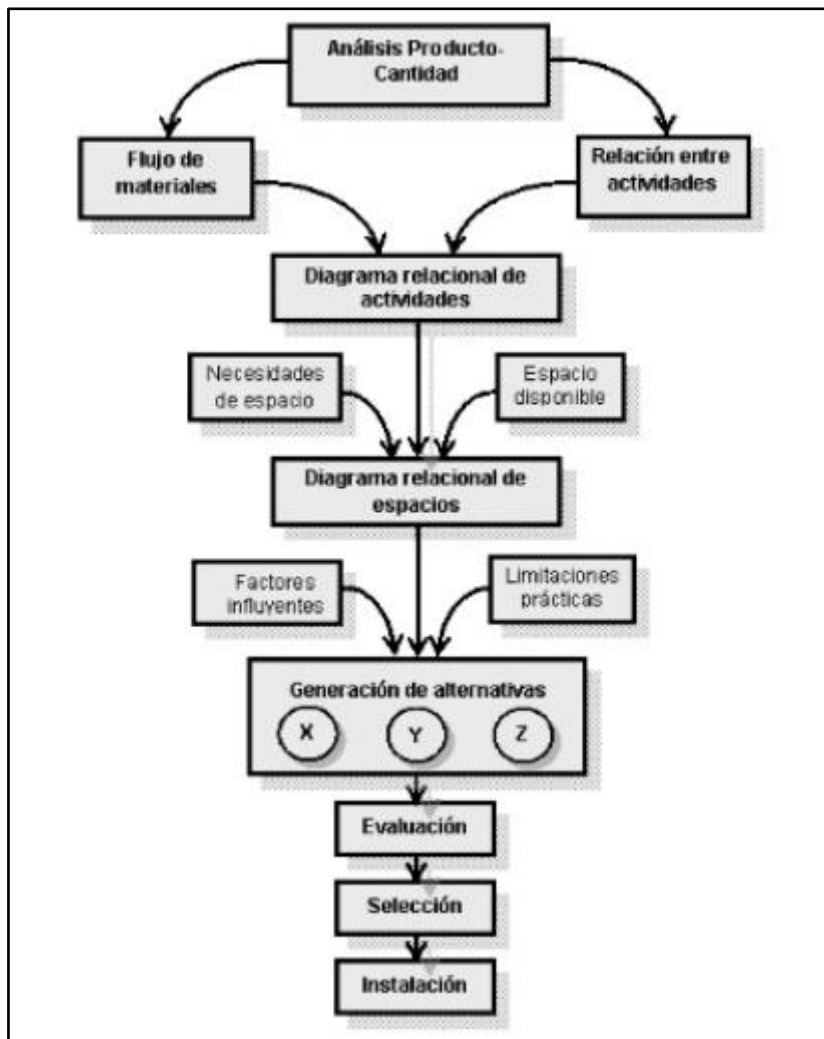


Figura 2. Esquema del Systematic Layout Planning
Fuente: Muther (1968)

Las cuatro fases o niveles de la distribución en planta, que además pueden superponerse uno con el otro, son según Muther (1968):

- **Fase I:** Localización. Aquí debe decidirse la ubicación de la planta a distribuir. Al tratarse de una planta completamente nueva se buscará una posición geográfica competitiva basada en la satisfacción de ciertos factores relevantes para la misma. En caso de una redistribución el objetivo será determinar si la planta se mantendrá en el emplazamiento actual o si se trasladará hacia un edificio recién adquirido, o hacia un área similar potencialmente disponible.
- **Fase II:** Distribución General del Conjunto. Aquí se establece el patrón de flujo para el área que va a ser distribuida y se indica también el tamaño, la relación, y la configuración de cada actividad principal, departamento o área, sin preocuparse todavía de la distribución en detalle. El resultado de esta fase es un bosquejo o diagrama a escala de la futura planta.

- **Fase III:** Plan de Distribución Detallada. Es la preparación en detalle del plan de distribución e incluye la planificación de donde van a ser colocados los puestos de trabajo, así como la maquinaria o los equipos.
- **Fase IV:** Instalación. Esta última fase implica los movimientos físicos y ajustes necesarios, conforme se van colocando los equipos y máquinas, para lograr la distribución en detalle que fue planeada.

2.2.13 Proyección de demanda (Regresión Lineal)

Esta técnica consiste en analizar si los valores de una variable dependiente o independiente pueden predecirse mediante un modelo lineal. Las variables implicadas en el modelo deben ser cuantitativas y continuas. Para ajustar una línea recta de regresión es necesario tener en cuenta la siguiente ecuación:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_i$$

β_0 : Distancia que existe entre el origen de coordenadas y el punto de intersección de la recta con el eje Y.

β_1 : Coeficiente de regresión (pendiente)

X: Variable independiente

Y: Variable dependiente

En análisis de regresión lineal consiste en estimar los parámetros β_0 y β_1 , cuyos valores se determinan a partir de los datos bidimensionales. Mediante el cálculo de los estimadores de los coeficientes de regresión a partir de los datos muestrales, viene dado por la siguiente fórmula:

$$\beta_0 = \frac{n \sum XY - (\sum X \sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$\beta_1 = (\bar{Y}) - \beta_1(\bar{X})$$

III. RESULTADOS

3.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1.1 LA EMPRESA

Cerámicos DETT S.A.C. es una mediana empresa perteneciente al sector de la construcción con 5 años en el mercado. Su rápido crecimiento se debe al incremento de la demanda de ladrillos, específicamente en las zonas de San Martín y Amazonas, las cuales forman parte de su mercado principal.

A continuación, se presenta una breve descripción de la empresa donde se llevó a cabo el proyecto de investigación:

- **Nombre de la empresa:** Cerámicos DETT S.A.C.



Figura 3. Planta Industrial “Cerámicos DETT S.A.C.”

- **Ubicación:** Carretera Fernando Belaúnde Terry – km. 464, Rioja, Perú.

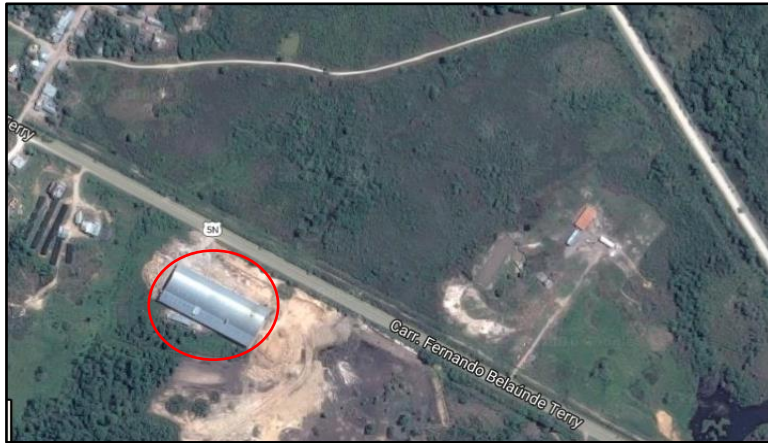


Figura 4. Mapa de ubicación de la Carretera Fernando Belaúnde Terry – Rioja

- **Actividad económica:** Fabricación y comercialización de ladrillos.
- **Fecha de inicio de actividades:** 2012
- **RUC:** 20494040001
- **Representante legal:** Tito Buenaventura Conche
- **Visión:** Ser una empresa líder en el mercado de ladrillos cerámicos, posicionar su marca en el sector como el mejor ladrillo del país con una mejora continua, y además de ser reconocida como una empresa sostenible en el tiempo.
- **Misión:** Ofrecer cerámicos de calidad para la satisfacción de las necesidades de los clientes.
- **Estructura organizacional:** La estructura organizativa en Cerámicos DETT S.A.C. se encuentra bajo la delimitación entre autoridad y responsabilidad de cada uno, para evitar situaciones en la cual no se pueda deducir responsabilidades. Actualmente, la empresa considera 3 divisiones, las cuales se detallan a continuación:
 - División de Mantenimiento: El supervisor general de mantenimiento tiene bajo control al supervisor de mantenimiento eléctrico y al supervisor de mantenimiento mecánico, los cuales atienden al área de mantenimiento de las máquinas y/o reparación de las unidades de transporte que se utilizan para esta división o cualquier eventualidad dentro de la planta.
 - División comercial o ventas: Esta es la parte de la organización que coordina directamente con Gerencia General el cumplimiento de las metas y los objetivos de Cerámicos DETT S.A.C., los cuales están relacionados principalmente a la parte económica y a la de producción. Su único fin es la reducción de los costos.

- División industrial – operativa: Dirigida por el jefe de planta, quien apoya a los distintos operarios dentro del proceso productivo tales como el operador de amasado, operador de control de formado, operador de control de automatismo, operador de cámara de horno y el operador de cámara de secado. A demás, el jefe de planta tiene bajo control la supervisión de los registros de producción diaria y vigilancia dentro de la empresa.

Para visualizar de mejor forma la distribución del personal, en la figura 5 se muestra el organigrama actual de la empresa “Cerámicos DETT S.A.C.”:

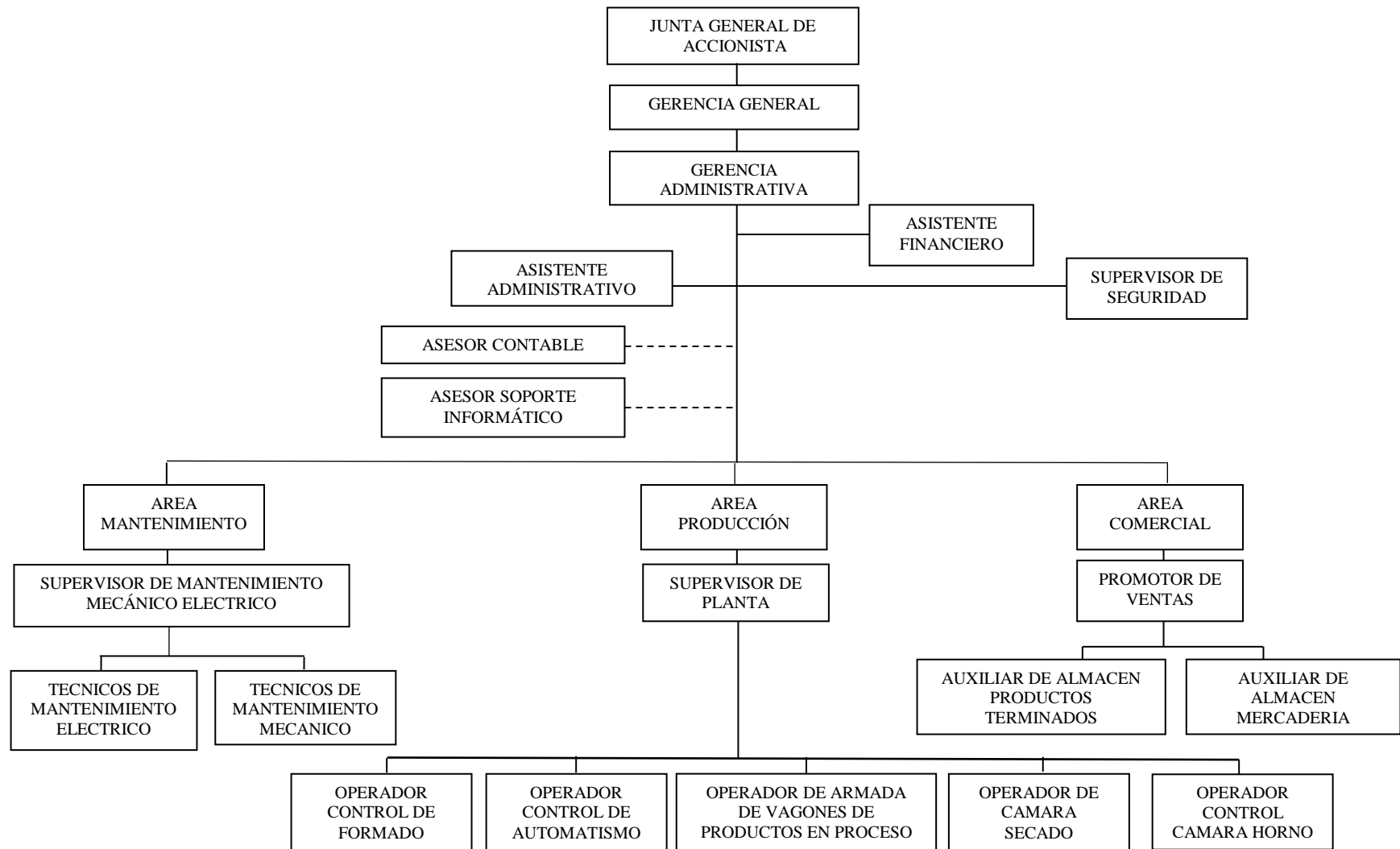


Figura 5. Organigrama de la empresa
Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

3.2.1 Producto

a. Descripción del producto

El producto a estudiar es el ladrillo, elaborado a base de una mezcla de arcilla la cual ha pasado por un proceso de molienda, laminado, amasado, extruido, cortado, secado y cocido; posee forma rectangular y es considerado como uno de los principales materiales en el rubro de la construcción.

En lo que respecta a los diseños, texturas, colores, formas o dimensiones del ladrillo, estos pueden variar dependiendo el requerimiento del fabricante.

Cerámicos DETT S.A.C. dentro de sus procesos de producción, fabrica ocho distintos tipos de ladrillos, los cuales se diferencian básicamente en sus dimensiones y peso, tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Dimensiones y peso de los ladrillos según la empresa

Tipo de Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso (kg/ladrillo)
PANDERETA PEQUEÑO	10	11	23	2,3
PANDERETA	12	14	24	2,8
PANDERETA CARAVISTA	9	12	25	2,0
KINGKONG STÁNDAR 18 HUECOS	9	12	24	2,6
KING KONG DETT TIPO IV	9	13	24	3,2
TECHO 8	8	30	30	2,6
TECHO 12	12	30	30	7,5
TECHO 15	15	30	30	8,3

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.


En función a lo descrito anteriormente, de los 8 tipos diferentes de ladrillos que fabrica la empresa, se tomará como base para la siguiente investigación el ladrillo más comercializado, puesto que no se puede mejorar los métodos de

fabricación para todas las piezas que produce actualmente en la empresa, debido a la gran cantidad y variedad de estas. Por ello, se seleccionó el ladrillo pandereta para realizar la mejora en el proceso productivo, ya que es este tipo de ladrillo el que genera la mayor cantidad de mermas en su proceso y por ende consiredables pérdidas monetarias, ocasionando un mayor impacto sobre los demás formatos de ladrillos.

- **Ladrillo Pandereta**

Este tipo de ladrillo presenta una dimensión de 12 cm x 14 cm x 24 cm y un peso de 2,8 kg aproximadamente, es utilizado principalmente para la construcción de viviendas y en los muros portantes de albañilería confinada. A continuación, véase en la tabla 3 la ficha técnica del ladrillo pandereta:

Tabla 3. Ficha técnica ladrillo pandereta

1. Características Generales	
Descripción general:	Es el ladrillo fabricado de arcilla moldeada, extruida y quemada o cocida en un horno tipo túnel de proceso continuo.
Denominación técnica:	Pandereta
Grupo/Clase/Familia:	Construcciones de Tabiquería
Dimensiones:	12 x 14 x 24 cm
Peso:	2,8 kg
Imagen:	
2. Características técnicas	
Tipo de ladrillo:	Según la Norma NTP 399.613 - 331.040 - 331.041, este ladrillo corresponde. Tipo: Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicios rigurosas.
3. Características físicas	
Variación de la dimensión (mm):	± 2,0
Alabeo (mm):	2
Resistencia a la compresión (kg/cm ²):	42,84 Kg/cm ²
Absorción (%):	14,2

b. Subproductos

Dentro del proceso de producción no se cuenta con subproductos.

c. Desechos

- **Barro:** Es una mezcla semilíquida de agua y tierra compuesta por sedimentos, partículas de polvo y arcilla, obtenido durante la etapa de formado en las actividades de amasado, extrusión y cortado.
- **Chamota de Ladrillo:** Es un material cerámico granular obtenido de la pulverización de los ladrillos, piedras refractarias, u otro producto cerámico cocido; tiene un alto porcentaje de sílice y alúmina. Su reutilización como materia prima en el proceso de producción de ladrillos permite mejorar la textura, además reduce la contracción y evita la formación de grietas durante la cocción de ladrillos.

d. Desperdicios

- **Cenizas:** Desperdicio obtenido en la etapa de cocción de ladrillo, generado por la quema de combustibles.

3.2.2 Materiales e insumos

a. Materiales

- **Materiales directos**

Arcilla roja: La arcilla es un silicato de aluminio hidratado, producto de la descomposición de rocas feldespáticas principalmente. En la fabricación de ladrillos por lo general la arcilla más utilizada es la roja de composición heterogénea o relativamente impura.

Tabla 4. Composición de la arcilla roja

COMPOSICIÓN DE LA ARCILLA ROJA	RANGOS PORCENTUALES (%)
Óxido de Silicio (SiO ₂)	57,02
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	19,15
Óxido de Magnesio (MgO)	3,08
Óxido de Calcio (CaO)	4,26
Óxido de Hierro (Fe ₂ O)	6,70
Óxido de Sodio (Na ₂ O)	2,38
Óxido de Potasio (K ₂ O)	2,03
Agua (H ₂ O)	3,45
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	0,91

Fuente: Rhodes (1990)

Arena: Es utilizado en el proceso de producción de ladrillo principalmente por contener óxido de silicio (SiO_2), el cual permite actuar como desengrasante para prevenir rajaduras, fisuras y grietas; además, brinda un color característico al ladrillo.

Por otro lado, es resistente a los ataques mecánicos o químicos, de gran dureza, elevado poder abrasivo y refractariedad.

- **Materiales indirectos**

Cerámicos DETT S.A.C. utiliza tres distintos materiales como fuente de combustible, estos son:

Aserrín: Polvo o conjunto de partículas que se desprenden de la madera al serrarla. El calor producido con residuos de madera es inferior al procedente del petróleo o gas, pero su costo en comparación con los combustibles fósiles lo hace una fuente interesante de calor.

Fibra de Palma: Árbol de la familia de las palmas, de tronco subterráneo, hojas en forma de abanico, puede alcanzar hasta 3 metros de altura. Se utilizado como combustible, es práctico y propio de la ciudad de Yurimaguas. Es un material renovable, tiene buen poder calorífico y es muy económico.

Tusa del maíz: Residuo producido luego de desgranar la mazorca del maíz. Funciona como combustible que favorece las posibilidades energéticas de la región y ayuda en la preservación del ecosistema del planeta.

b. Insumos

- **Mano de Obra**

Cerámicos DETT S.A.C. trabaja a un ritmo de 12 horas por turno, 2 turnos al día, para lo cual tiene a cargo 51 personas, de los cuales 13 es personal administrativo y 38 de producción. Es necesario saber que en el turno noche los operarios de producción son un total de 18 operarios, a diferencia del turno día, donde solo se encuentran bajo planta producción 16 operarios. Cabe resaltar que, durante todo este tiempo de producción existen actividades que requieren de un mayor esfuerzo, esto se ve reflejado en la fatiga y cansancio por parte del trabajador, que además labora en un ambiente desagradable por la presencia de excesivo polvo en la mezcla de materias primas y una exageración de mermas acumuladas.

Tabla 5. Puestos y cantidad de mano de obra

Sector	Puesto	Cantidad
Administrativos	Gerente General	1
	Jefe administrativo	1
	Jefe de Ventas	1
	Asistente de almacén	2
	Promotor de ventas	2
	Asistente financiero	1
	Asistente administrativo	1
	Supervisor de seguridad	1
	Asesor contable	1
	Asesor legal	1
	Asesor de soporte informático	1
Total administrativos		13
Producción	Jefe de mantenimiento	1
	Técnico electricista	1
	Técnico mecánico	1
	Jefe de producción	1
	Operarios de producción	34
Total producción		38
Total de colaboradores		51

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

▪ Máquinas y Equipos

Dentro de la maquinaria que forma parte del proceso de elaboración de ladrillos se tiene: cargador frontal, tolva, mezcladora horizontal, laminadora, amasadora, máquina extrusora, moldes (tipos diferentes), fajas de transportadoras, cortadora, mesa de automatismo, secador, extractores de humedad y horno túnel.

Tabla 6. Lista de máquinas


Maquinaria	Cantidad
Tolva	2
Cargador frontal	1
Mezclador horizontal	1
Laminadora	1
Amasadora	1
Máquina extrusora	1
Moldes	8
Fajas transportadoras	5
Cortadora	1
Mesa de automatismo	1
Secador	2
Extractor de humedad	4
Horno	1

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

Dentro de los equipos que también intervienen en el proceso se consideran: estanterías y vagones, como también cuchillas, entre otros.


A continuación, se presentan las fichas técnicas de las máquinas principales en el proceso productivo de la fabricación de ladrillos en Cerámicos DETT S.A.C.

Tabla 7. Ficha técnica del mezclador horizontal

Ficha técnica de maquinaria	
1. Nombre de la máquina:	Mezclador horizontal
2. Modelo:	Bertan
3. Marca:	MB 3300
4. Características técnicas	
Capacidad:	22 a 40 t/h
Potencia:	30 hp
Peso:	2 720 kg
5. Función	
<p>El mezclador es el encargado de mezclar la arcilla, debido a la necesidad de dos o más tipos de arcilla para proporcionar un producto cerámico de alta calidad. Es esencial en el proceso de preparación de la arcilla, asegurando la mezcla homogénea de los distintos tipos de arcilla.</p>	
6. Fotografía	
	

Fuente: BERTAN, Industria y Comercio de máquinas (2016)

Tabla 8. Ficha técnica de la laminadora

Ficha técnica de maquinaria	
1. Nombre de la máquina:	Laminador
2. Modelo:	Bertan
3. Marca	LB 800
4. Características técnicas	
Capacidad:	30 a 40 t/h
Potencia:	30 hp a 40 hp
Peso:	6 080 kg
5. Función	
<p>Los laminadores son responsables de arcilla, piedras del balanceo y eliminar la distribución de la humedad en la arcilla, la máquina es indispensable en el proceso de preparación, porque resulta en un mejor acabado y resistencia del producto cerámico.</p>	
6. Fotografía	
	


Fuente: BERTAN, Industria y Comercio de máquinas (2016)

Tabla 9. Ficha técnica de la extrusora

Ficha técnica de maquinaria	
1. Nombre de la máquina:	Extrusora al vacío
2. Modelo:	Bertan
3. Marca:	EB 430
4. Características técnicas	
Capacidad:	40 a 60 t/h
Potencia:	150 hp a 175 hp
Peso:	4 500 kg
5. Función	
<p>Recibe la arcilla molida y su función es extraer el aire, comprimir y extruir la masa en su formad final. Lo que distingue a esta maquinaria son su capacidad y calidad de extrusión, dando una mejor compresión, elasticidad y acabado final del producto cerámico.</p>	
6. Fotografía	
	

Fuente: BERTAN, Industria y Comercio de máquinas (2016)

Tabla 10. Ficha técnica de la cortadora.

Ficha técnica de maquinaria	
1. Nombre de la máquina:	Cortadora
2. Modelo:	Bertan
3. Marca:	CB 400
4. Características técnicas	
Capacidad:	8 200 corte/h
Potencia:	1,5 hp
Peso:	390 kg
5. Función	
Diseñada para el corte de diferentes tipos de materiales de construcción, en general se utiliza para el corte correcto de ladrillos y bloques.	
6. Fotografía	
	

Fuente: BERTAN, Industria y Comercio de máquinas (2016)

c. Suministros

El suministro principal es el eléctrico, por el cual la empresa es responsable de pagar cierto monto de dinero según sea el consumo de energía eléctrica mensual correspondiente. Por otro lado, otro suministro y no menos importante, es el agua potable.

3.2.3 Proceso de Producción

1. Llenado de tolva de recepción de materia prima

Las materias primas, es decir, la arcilla roja y arena fina son extraídas de la cantera propia de la empresa y son trasladadas en camiones a un área determinada para su almacenamiento, donde el equivalente a 2 camiones llenos representan el 70% de la arcilla, mientras que las 2/3 partes de la capacidad de un camión equivalen al 30% de arena. Cabe resaltar que el área de almacén de materia prima es un lugar cubierto para prevenir algún daño ante la presencia de alguna lluvia inesperada para su cuidado, tal como se muestra en la figura 6.



Figura 6. Área de almacén de materia prima
Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

Después, mediante el uso de un cargador frontal o retroexcavadora, las materias primas son trasladadas hacia una tolva, donde, tanto la arcilla como la arena se mezclan según el tipo de ladrillo que se desea elaborar, ya que las proporciones no son las mismas para todos. En el caso del ladrillo modelo Pandereta, se utiliza una mezcla de arcilla roja (70%) y arena fina (30%).

En este proceso un operario verifica visualmente la cantidad que ingresa de acuerdo a la capacidad de la máquina. Cerámicos DETT S.A.C. cuenta con dos tolvas, pero solo una de ellas se encuentra en funcionamiento para este

tipo de ladrillo. El llenado de una tolva significa aproximadamente 2 horas aproximadamente de producción hasta que el material culmine su proceso en la etapa del cortado. La tolva posee en su base una oruga que hará que la mezcla caída sobre la faja transportadora y se dirija al siguiente proceso. (Ver figura 7)



Figura 7. Tolva de recepción

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

Es necesario que este proceso se realice con sumo cuidado, ya que, si la mezcla no cumple con las proporciones establecidas de la materia prima, se generará disconformidad en ella, ocasionando problemas en las siguientes operaciones del proceso productivo tal como amasado, extrusión, secado y cocción, y en consecuencia alterar la calidad del producto final.

2. Mezclado

La arcilla y arena en conjunto es transportada hacia la máquina mezcladora donde se trituran y/o rompen los terrones existentes en mezcla. Culminado este proceso, la mezcla pasa nuevamente por una faja transportadora hacia la máquina laminadora, en este proceso de transporte un operario verifica visualmente si la mezcla después de ser triturada trae consigo piedras o material particulado, de ser así los retira y los coloca en una carretilla para luego dejarlos como desperdicio.



Figura 8. Proceso de mezclado

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

3. Laminado

El presente proceso tiene la tarea de hacer que la mezcla que ingresa con un tamaño aproximado a la de un puño salga en planchas. La máquina laminadora posee dos rodillos, causa por la cual las planchas obtenidas de este proceso no son rectas, sino un tanto dobladas.

4. Amasado

Antes de llegar a la operación de moldeo, se le añade agua a la mezcla de arcilla para formar una masa plástica, proceso que es no controlado. Por ejemplo, si se observa que la máquina está ejerciendo mayor presión en su funcionamiento, entonces se le agrega mayor flujo de agua a la mezcla, alterando los porcentajes de humedad establecidos de 14 a 20% que esta mezcla debe tener antes de ingresar al siguiente proceso.

Cabe resaltar, que este proceso deber realizarse con sumo cuidado, ya que, si la mezcla no cumple con los rangos de humedad establecidos, es decir, si esta asciende los 14-20% de humedad, se obtendrá un ladrillo barroso o muy suave (deficiente) como producto final. Caso contrario, es decir, si esta mezcla desciende los rangos de porcentaje de humedad mencionados anteriormente y el material resulta muy seco, perjudicará la maquinaria utilizada en el proceso de elaboración.

Una vez culminado este proceso, la mezcla es enviada a la extrusora mediante fajas transportadoras.

5. Extrusión

Proceso realizado mediante la máquina extrusora, donde se encuentra el molde según sea el tipo de ladrillo que se desea elaborar, en este caso, el molde del ladrillo modelo Pandereta. Antes de colocar el molde en la máquina, es necesario preparar y limpiar este molde, de tal forma que no tenga material extraño (pedritas o barro seco) en sus alrededores que generen grietas o rayado en los ladrillos. La función del moldeo es hacer que la masa cerámica plástica tome la forma correcta del ladrillo.

6. Cortado

En esta etapa el ladrillo sale con las especificaciones técnicas dimensionales requeridas según el modelo. El producto resultante de este proceso pasa a la mesa de automatismo para ser llevado al elevador y terminar correctamente colocados en las estanterías correspondientes. Las estanterías tienen una capacidad de 341 unidades de ladrillo.

7. Secado

Bajo la mano de obra de 2 hombres se transportan las estanterías hacia el interior de los secaderos. La empresa cuenta con Secadero I y Secadero II ubicados paralelamente, cada secadero posee dos rieles con una capacidad de 35 estanterías cada riel, lo que equivale a 11 935 unidades de ladrillo por columna riel y 23 870 ladrillos por secadero. Cada fila de estantería avanza una a una cada escala de las 35 posiciones de rieles en dirección de columna hasta llegar a la etapa final del proceso, tal como se observa en la figura 9.

Cabe recalcar que cada 30 minutos entran y salen 4 estanterías, es decir una fila completa de estanterías, lo que equivale en unidades de ladrillos a 1 364. Además, tanto Secadero I como Secadero II, poseen dos extractores de humedad respectivamente. En el espacio inicial de los secaderos se presencia un ambiente húmedo debido a que es allí donde se condensa agua por efecto del trabajo de los extractores de humedad, mientras que a la salida de los estos mismos se concentran temperaturas altas.

El ladrillo crudo debe ingresar a los secaderos con un porcentaje de entre 14 a 20% de humedad, porcentaje que no es controlado debido a que la mezcla sufre alteraciones a lo largo del proceso como en el caso del inapropiado pesado de la materia prima, la inadecuada recolección de las proporciones de la materia prima y la falta de control en el proceso de amasado, obteniendo un material más con mayor plasticidad de lo requerido, característica que condiciona esta etapa.

Los extractores de humedad también desplazan por medio de un riel de principio a fin y viceversa, en toda el área de los secadores, lo que explica que las temperaturas se expandan de fin a inicio. Este trabajo del calor en conjunto con los extractores logra que los poros de ladrillos se abran y reduzcan en su totalidad la humedad inicial.



Figura 9. Área de secado

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

8. Armado de vagones

Las estanterías de ladrillo obtenidas del secadero son trasladadas a un área determinada de la empresa, donde el producto es expuesto a la temperatura ambiente, posteriormente son enviados a vagones con capacidad de 1 126 ladrillos cada uno, por medio de los cuales se ingresará el ladrillo a los hornos.

9. Cocción

El vagón que ingresa al horno recibe una preparación antes de ser quemado, en esta etapa las temperaturas ascienden hasta los 600°C.

Una vez preparado el ladrillo inicia la etapa de quema, donde la temperatura empieza con 600°C y termina con un máximo de 900°C, el resultado es el ladrillo cocido.

10. Enfriamiento

Es la última etapa, este proceso es realizado en la parte final del horno donde las temperaturas van descendiendo y cuenta con un aire caliente, de esta forma reducen los cambios bruscos de temperatura y se consigue una cocción paulatina y homogénea.

Cabe resaltar que la presente empresa aprovecha la temperatura del ladrillo cocido para que, por medio de ductos, esta vuelva a ingresar al final de los secadores y sirva de aporte en el cumplimiento de su función.

El producto finaliza su proceso tal como se observa en la figura 10.



Figura 10. Etapa final del horno

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

3.2.4 Sistema de Producción

El sistema de producción de ladrillos es de flujo continuo, ya que los procesos de transformación de las materias primas en productos se realizan de forma ininterrumpidas en el tiempo; con el objetivo de lograr economías de escala ofreciendo una gama de diferentes formatos de ladrillo.

Entonces, el proceso continuo significa que, al terminar el trabajo determinado en cada operación, la unidad de pasa a la siguiente etapa de trabajo sin esperar todo el trabajo en el lote. Para que el trabajo fluya libremente los tiempos de cada operación deberán de ser de igual longitud y no deben aparecer movimientos hacia fuera de la línea de producción de proceso, debido a que no deben tomar un tiempo mayor que el de operación de la unidad. Además, como el sistema esta balanceado cualquier falla afecta no solo a la etapa donde ocurre el suceso, sino también a las demás etapas de la línea de producción. Bajo esas circunstancias la línea se debe considerar en conjunto como una entidad aislada y no permitir su descompostura en ningún punto.

Para que la producción continua pueda funcionar satisfactoriamente dentro de la planta de producción de Cerámicos DETT S.A.C., es necesario considerar los siguientes requisitos: debe haber una demanda sustancialmente constante, el producto debe normalizarse, el material debe ser específico y entregado a tiempo, todas las etapas tienen que estar balanceadas, todas las operaciones tienen que ser definidas, el trabajo tiene que confinarse a normas de calidad, cada etapa requiere de maquinaria y equipo correctos, el mantenimiento tiene que prevenir y no

corregir las fallas, la inspección se efectúa en línea con la producción, se requiere una gran planeación previa a la producción, particularmente para asegurar la entrega a tiempo del material correcto, y para que las operaciones sean de igual duración.

3.2.5 Análisis para el Proceso de Producción

✓ Diagrama de bloques

Para representar todo el proceso de producción se realizó un diagrama de bloques el cual se presenta en la figura 11.

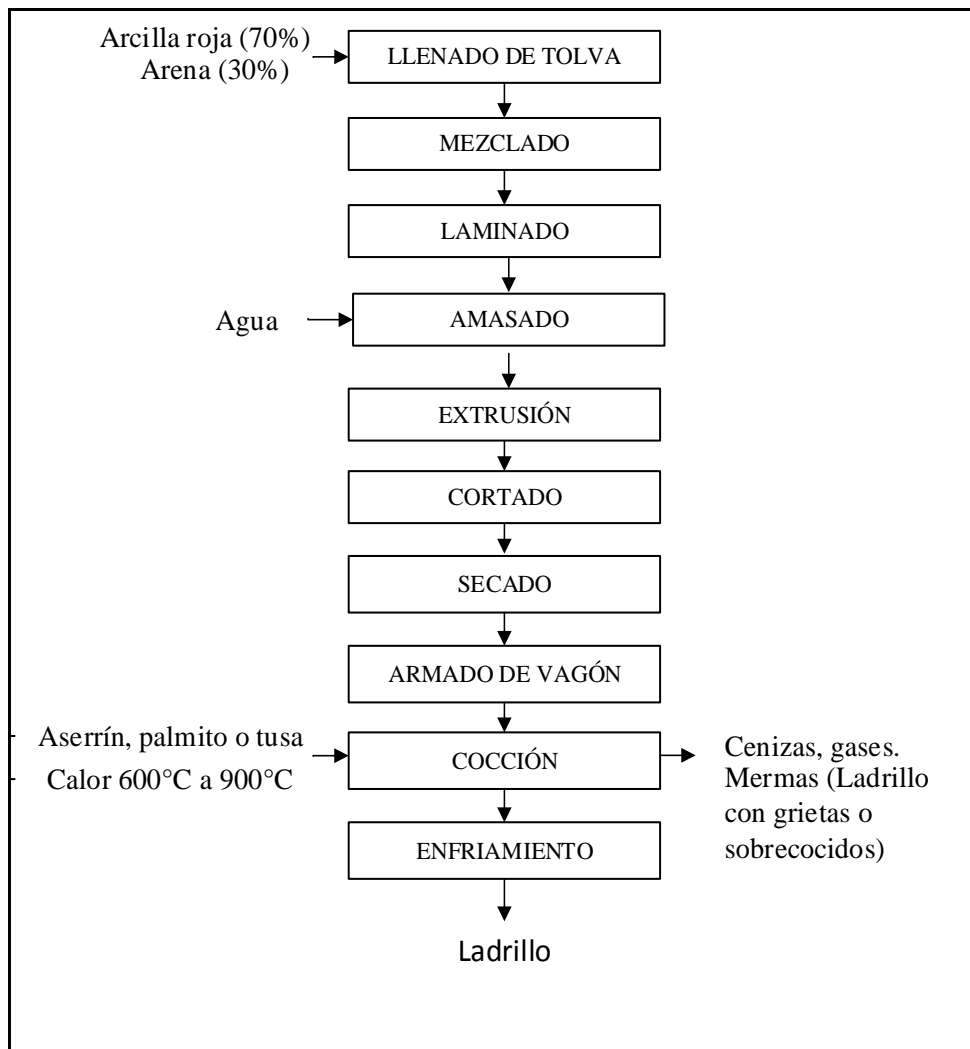


Figura 11. Diagrama de bloques

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

✓ **Diagrama de operaciones y diagrama de análisis de procesos**

Para realizar el DOP y el DAP del proceso de obtención del ladrillo pandereta es necesario determinar los tiempos promedio por actividad, cabe resaltar que Cerámicos DETT S.A.C. mide su tiempo de producción en función de la capacidad de la tolva de recepción, lo que significa una producción de 17 toneladas con una salida de 14,6 toneladas, es decir 5 230 ladrillos como producto terminado.

Para el cálculo de estos tiempos se siguió el método tradicional para calcular el número de observaciones en la cual se tiene un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, para posteriormente recurrir a la tabla de Mundel (tabla 1) mostrada en el marco teórico.

Cabe resaltar que, se realiza una muestra tomando 10 lecturas sí los ciclos son ≤ 2 minutos y 5 lecturas sí los ciclos son > 2 minutos, tal y como es el caso de la presente investigación, esto debido a que hay más confiabilidad en tiempos más grandes, que en tiempos muy pequeños donde la probabilidad de error puede aumentar.

Entonces, la metodología a seguir es la siguiente:

1. Se toman 5 muestras iniciales por cada operación:

Tabla 11. Cálculo de tiempos promedio por actividad

LLENADO DE TOLVA DE RECEPCIÓN DE MP	1	2	3	4	5	PROMEDIO (s)
Llenado de tolva de recepción de MP mediante Cargador Frontal	1 080	1 050	1 020	1 026	1 032	1 402
Transporte de la MP hacia la máquina Mezcladora por fajas transportadoras	600	660	600	690	660	642
MEZCLADO	1	2	3	4	5	PROMEDIO (s)
Mezcla de MP	1 080	1 140	1 092	1 098	1 110	1 104
Transporte de la mezcla hacia su laminado por fajas transportadoras	380	350	336	340	338	349
LAMINADO	1	2	3	4	5	PROMEDIO (s)
Laminado de la mezcla	900	960	936	972	936	941
Transporte de la mezcla laminada a la amasadora mediante fajas transportadores	360	300	336	366	360	344
AMASADO	1	2	3	4	5	PROMEDIO (s)
Amasado de la mezcla	1 050	1 048	1 032	1 030	1 045	1 041
Transporte de la masa cerámica plástica hacia la extrusora por fajas transportadoras	305	301	306	300	305	303
EXTRUSIÓN	1	2	3	4	5	PROMEDIO (s)
Formado de ladrillos	840	816	780	852	846	827
Transporte del ladrillo formado hacia la cortadora mediante faja de rodillos	370	365	367	368	364	367
CORTE	1	2	3	4	5	PROMEDIO (s)
Corte del ladrillo	462	456	460	449	458	457
Transporte de ladrillos cortados hacia mesa de automatismo	401	398	396	395	400	398
Carga de ladrillos a estanterías	480	456	450	486	462	467
Transporte de estanterías manualmente hacia el área de secado	740	745	738	739	742	741
SECADO	1	2	3	4	5	PROMEDIO (s)
Secado de ladrillos	7 055	7 050	7 046	7 040	7 052	7 049
Transporte manual de ladrillos secos hacia el área de armado de vagón	743	745	757	755	751	750
ARMADO DE VAGONES	1	2	3	4	5	PROMEDIO (s)
Armado manual de vagones	748	750	756	757	758	754
Transporte manual de vagones hacia el horno	720	780	756	804	822	776
COCCIÓN	1	2	3	4	5	PROMEDIO (s)
Cocción de ladrillos	5 745	5 736	5 742	5 735	5 730	5 738
ENFRIAMIENTO	1	2	3	4	5	PROMEDIO (s)
Enfriamiento del ladrillo cocido	2 951	2 947	2 943	2 939	2 950	2 946
Transporte manual de ladrillos hacia el Almacén de producto terminado	336	339	342	335	332	337

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

2. Se determina el valor más alto y el más bajo, y se les llama A y B respectivamente. Se calcula el valor $(A - B) / (A+B)$:

Tabla 12. Cálculo del número de observaciones por actividad

LLENADO DE TOLVA DE RECEPCIÓN DE MP	X máx	X mín	R máx - R mín (A)	R máx + R mín (B)	A/B	N° de observaciones
Llenado de tolva de recepción de MP mediante Cargador Frontal	1 080	1 020	60	2 100	0,03	3
Transporte de la MP hacia la máquina Mezcladora por fajas transportadoras	690	600	90	1 290	0,07	6
MEZCLADO	X máx	X mín	R máx - R mín (A)	R máx + R mín (B)	(A-B)/(A+B)	N° de observaciones
Mezcla de MP	1 140	1 080	60	2 220	0,03	3
Transporte de la mezcla hacia su laminado por fajas transportadoras	380	336	44	716	0,06	4
LAMINADO	X máx	X mín	R máx - R mín (A)	R máx + R mín (B)	(A-B)/(A+B)	N° de observaciones
Laminado de la mezcla	972	900	72	1 872	0,04	4
Transporte de la mezcla laminada a la amasadora mediante fajas transportadores	366	300	66	666	0,1	12
AMASADO	X máx	X mín	R máx - R mín (A)	R máx + R mín (B)	(A-B)/(A+B)	N° de observaciones
Amasado de la mezcla	1 050	1 030	20	2 080	0,01	3
Transporte de la masa cerámica plástica hacia la extrusora por fajas transportadoras	306	300	6	606	0,01	3
EXTRUSIÓN	X máx	X mín	R máx - R mín (A)	R máx + R mín (B)	(A-B)/(A+B)	N° de observaciones
Formado de ladrillos	852	780	72	1 632	0,04	3
Transporte del ladrillo formado hacia la cortadora mediante faja de rodillos	370	364	6	734	0,01	3
CORTE	X máx	X mín	R máx - R mín (A)	R máx + R mín (B)	(A-B)/(A+B)	N° de observaciones
Corte del ladrillo	462	449	13	991	0,02	3
Transporte de ladrillos cortados hacia mesa de automatismo	401	395	6	796	0,01	3
Carga de ladrillos a estanterías	486	450	36	936	0,04	3
Transporte de estanterías manualmente hacia el área de secado	745	738	7	1 483	0,004	3
SECADO	X máx	X mín	R máx - R mín (A)	R máx + R mín (B)	(A-B)/(A+B)	N° de observaciones
Secado de ladrillos	7 055	7 040	15	14 095	0,001	3
Transporte manual de ladrillos secos hacia el área de armado de vagón	757	743	14	1 500	0,01	3
ARMADO DE VAGONES	X máx	X mín	R máx - R mín (A)	R máx + R mín (B)	(A-B)/(A+B)	N° de observaciones
Armado manual de vagones	758	748	10	1 506	0,01	3
Transporte manual de vagones hacia el horno	822	720	102	1 542	0,07	6
COCCIÓN	X máx	X mín	R máx - R mín (A)	R máx + R mín (B)	(A-B)/(A+B)	N° de observaciones
Cocción de ladrillos	5 745	5 730	15	11 475	0,001	3
ENFRIAMIENTO	X máx	X mín	R máx - R mín (A)	R máx + R mín (B)	(A-B)/(A+B)	N° de observaciones
Enfriamiento del ladrillo cocido	2 951	2 939	12	5 890	0,002	3
Transporte manual de ladrillos hacia el Almacén de producto terminado	342	332	10	674	0,02	3

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

3. Con este último valor se entra en la tabla de Mundel (tabla 1) y se determina el número de observaciones necesarias mirando en la columna 5 o 10 según el número de la serie inicial de observaciones.

4. En base a los tiempos calculados se presenta en las siguientes tablas los tiempos promedio de actividades según el número de observaciones.

Tabla 13. Cálculo de los tiempos promedio según el número de observaciones

MEDICIÓN DE PROPORCIONES DE MP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PROMEDIO (s)
Carga y transporte de MP a tolva de recepción mediante Cargador Frontal	1 026	1 025	1 026										1 026
Transporte de la MP hacia la máquina Mezcladora por fajas transportadoras	645	655	641	650	642	639							645
MEZCLADO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PROMEDIO (s)
Mezcla de MP	1 091	1 092	1 092										1 092
Transporte de la mezcla hacia su laminado por fajas transportadoras	336	338	336	335									336
LAMINADO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PROMEDIO (s)
Laminado de la mezcla	939	942	945	940									942
Transporte de la mezcla laminada a la amasadora mediante fajas transportadores	349	351	353	349	344	343	352	351	354	349	347	346	349
AMASADO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PROMEDIO (s)
Amasado de la mezcla	1 031	1 033	1 032										1 032
Transporte de la masa cerámica plástica hacia la extrusora por fajas transportadoras	300	307	305										304
EXTRUSIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PROMEDIO (s)
Formado de ladrillos	947	950	946										948
Transporte del ladrillo formado hacia la cortadora mediante faja de rodillos	368	370	367										368
CORTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PROMEDIO (s)
Corte del ladrillo	460	455	452										456
Transporte de ladrillos cortados hacia mesa de automatismo	404	394	390										396
Carga de ladrillos a estanterías	470	466	467										468
Transporte de estanterías manualmente hacia el área de secado	742	735	736										738
SECADO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PROMEDIO (s)
Secado de ladrillos	7 053	7 048	7 050										7 050
Transporte manual de ladrillos secos hacia el área de armado de vagón	763	760	749										757
ARMADO DE VAGONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PROMEDIO (s)
Armado manual de vagones	760	752	757										756
Transporte manual de vagones hacia el horno	778	780	776	775	782	779							778
COCCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PROMEDIO (s)
Cocción de ladrillos	5 739	5 741	5 729										5 736
ENFRIAMIENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PROMEDIO (s)
Enfriamiento del ladrillo cocido	2 952	2 942	2 948										2 947
Transporte manual de ladrillos hacia el Almacén de producto terminado	337	341	331										336

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

Finalmente, se presenta la tabla 14 con el resumen de las actividades y los tiempos promedio para una producción de 17 toneladas, sumando un total de 457,67 minutos, tal como se muestra a continuación:

Tabla 14. Tiempos promedio de producción

Actividades	Tiempo promedio (min)
Llenado de tolva de recepción de MP	17,1
Transporte de la MP hacia la máquina mezcladora por fajas transportadoras	10,75
Mezclado	18,2
Transporte de la mezcla hacia el laminado por fajas transportadoras	5,6
Laminado	15,7
Transporte de la mezcla laminada hacia la amasadora mediante fajas transportadoras	5,82
Amasado	17,2
Transporte de la masa cerámica hacia la extrusora por fajas transportadoras	5,07
Formado de ladrillos	15,8
Transporte del ladrillo formado hacia la cortadora por faja de rodillos	6,13
Corte del ladrillo	7,6
Transporte de ladrillos cortados hacia mesa de automatismo	6,6
Carga de ladrillos a estanterías	7,8
Transporte manual de estanterías hacia el área de secado	12,3
Secado de ladrillos	117,5
Transporte manual de ladrillos secos hacia el área de armado de vagón	12,62
Armado de vagones	12,6
Transporte manual de vagones hacia el horno	12,97
Cocción de ladrillos	95,6
Enfriamiento del ladrillo cocido	49,11
Transporte manual de ladrillos hacia el almacén de producto terminado	5,6
Total	457,67

En base a ello, se presenta en la figura 12 el DOP y en la figura 13 el DAP:

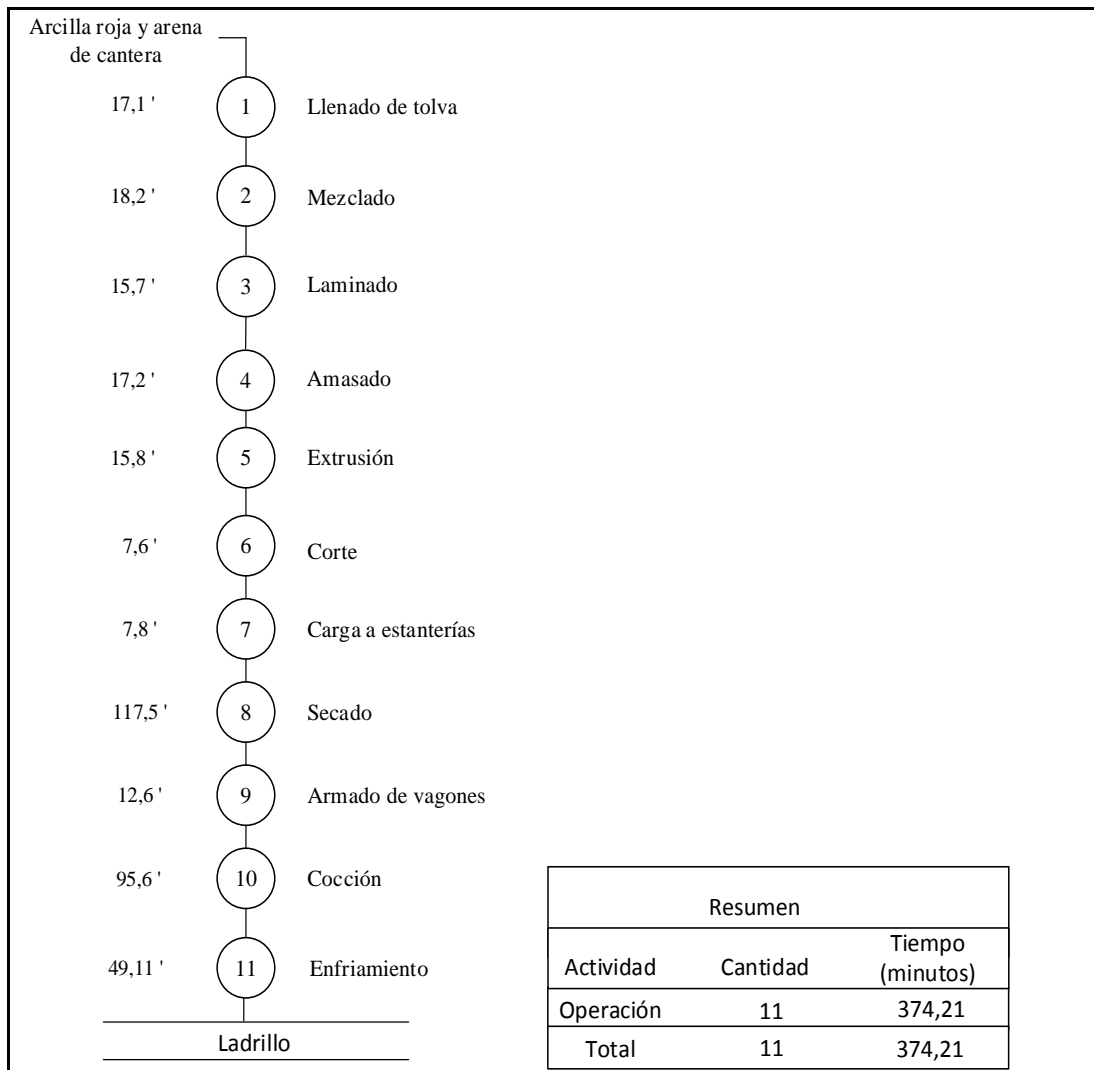


Figura 12. Diagrama de Operaciones de Proceso (DOP)

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

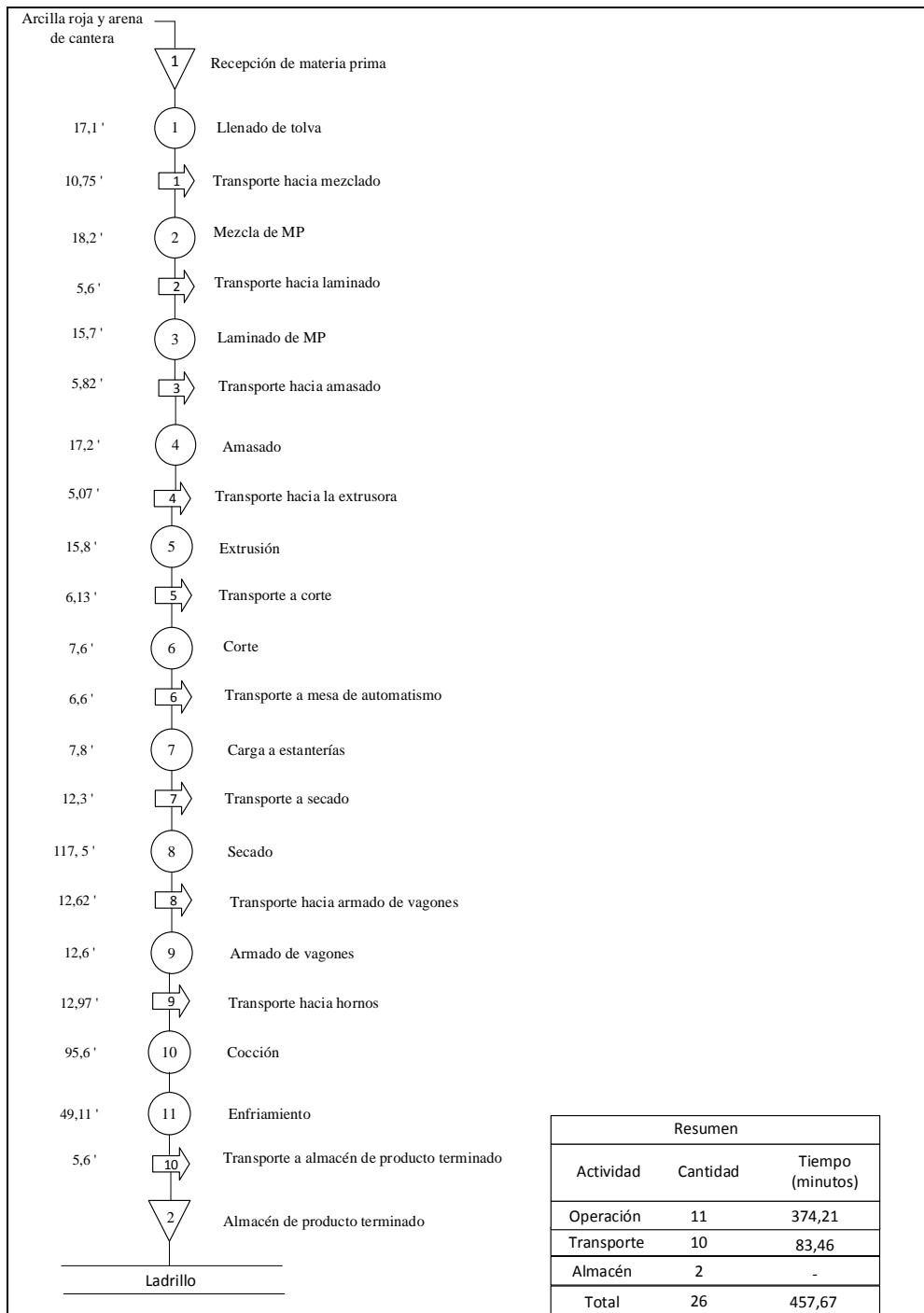


Figura 13. Diagrama de Análisis de Proceso (DAP)

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

✓ Diagrama de recorrido

En la figura 14 se muestra la distribución de planta y el recorrido actual del proceso productivo para la elaboración de ladrillos en Cerámicos DETT S.A.C., desde su recepción de materia prima hasta su almacén de producto terminado.

3.2.6 Indicadores Actuales de Producción y Productividad

a) Tiempo de Ciclo

Cerámicos DETT S.A.C. trabaja a un ritmo de:

P = Producción

Tb = Tiempo base

Tc = Tiempo de ciclo

$$P = \frac{Tb}{Tc}$$

$$Tc = \frac{24 \text{ h}}{\text{día}} \div \frac{180 \text{ t}}{\text{día}}$$

$$Tc = 0,13 \text{ h/t}$$

El tiempo de ciclo de 0,13 h/t equivale a un ritmo de producción de 7,5 t/h. El tiempo base de 24 horas se debe a los dos turnos de 12 horas que trabaja Cerámicos DETT S.A.C.

b) Producción

Para la realización del diagnóstico de la situación actual de Cerámicos DETT S.A.C., se analizó el proceso de producción de ladrillos Pandereta, y a partir de ello se identificaron los indicadores de producción en cada etapa del proceso.

En la tabla 15, se puede apreciar que la producción en el año 2016 fue de 15 586 522 unidades de ladrillos. La producción a venta fue de 11 273 463 unidades de ladrillos y la cantidad de merma o ladrillos dañados de 4 313 059 unidades de ladrillo, lo cual representa un 28% de producción total, lo que significa que solo el 62% va directamente al cliente.

Cabe resaltar, además, que el mes con mayor producción fue diciembre y el de menor producción fue enero.

Tabla 15. Producción mensual año 2016 ladrillo pandereta

Mes	Producción Total (unid.)	Producción a venta (unid.)	Mermas (unid.)	% Mermas
Enero	1 260 425	950 326	350 939	28%
Febrero	1 281 265	934 361	326 064	25%
Marzo	1 265 520	922 450	343 070	27%
Abril	1 265 921	954 520	366 545	29%
Mayo	1 302 345	986 593	358 628	28%
Junio	1 311 065	887 435	368 486	28%
Julio	1 325 221	955 396	346 949	26%
Agosto	1 313 670	939 511	364 159	28%
Septiembre	1 306 311	938 994	367 317	28%
Octubre	1 318 956	938 480	370 476	28%
Noviembre	1 311 591	927 957	373 634	28%
Diciembre	1 324 232	937 440	376 792	28%
Total	15 586 522	11 273 463	4 313 059	28%

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

En la figura 15 se muestra un diagrama de líneas en donde se observa la variación mensual de la cantidad de merma a lo largo del año 2016. Los meses con mayores cantidades de merma fueron octubre, noviembre y diciembre, mientras que el mes con menor cantidad fue febrero. Además, la tabla 15 muestra que las mermas constituyen entre un 25% a 29% de la producción total.

Con las propuestas de mejora presentadas más adelante, se tiene como objetivo reducir significativamente tales porcentajes.

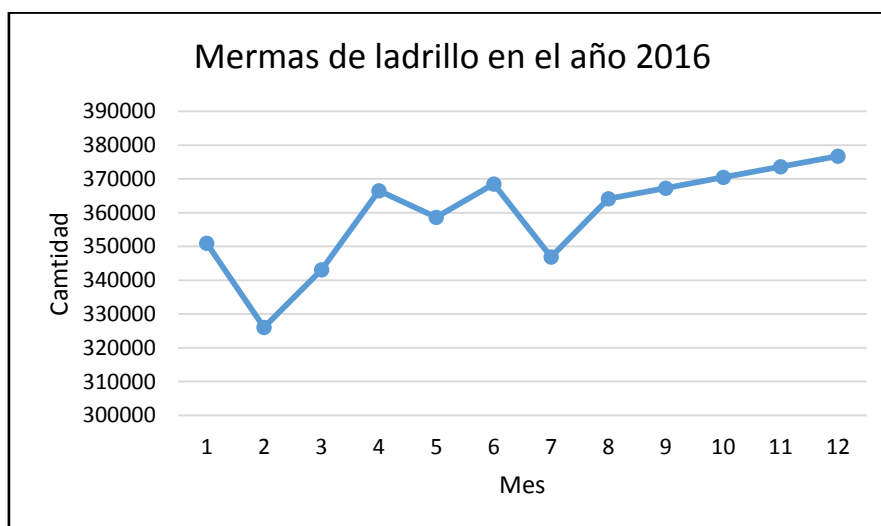


Figura 15. Variación mensual de mermas de ladrillo pandereta en el año 2016

c) Productividad

• Productividad de Materiales

Para el cálculo de este indicador, fue necesario conocer la cantidad exacta de materia prima que ingreso al proceso de producción.

En la tabla 16, se muestra el consumo total de materia prima en toneladas de arcilla roja y arena para la producción de ladrillos en el año 2016, siendo necesarias 50 656,20 toneladas para producir ladrillos pandereta.

Tabla 16. Materia prima utilizada en el año 2016

Mes	Arcilla Roja (t)	Arena (t)	Materia prima Total (t)
Enero	2 960,38	1 268,73	4 229,11
Febrero	2 867,47	1 228,91	4 096,38
Marzo	2 879,06	1 233,88	4 112,94
Abril	3 005,42	1 288,04	4 293,46
Mayo	3 060,38	1 311,59	4 371,97
Junio	2 857,22	1 224,52	4 081,74
Julio	2 962,83	1 269,79	4 232,62
Agosto	2 965,85	1 271,08	4 236,93
Septiembre	2 971,86	1 273,65	4 245,51
Octubre	2 977,87	1 276,23	4 254,11
Noviembre	2 961,12	1 269,05	4 230,17
Diciembre	2 989,88	1 281,38	4 271,25
Total	3 5459,34	15 196,86	50 656,20

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

Como se detalló en el marco teórico, la productividad de materiales es la relación entre cantidad producida y cantidad de materia prima utilizada, por lo que tomando en cuenta el dato de producción de la tabla 15 y la tabla 16 se tiene que:

$$\text{Productividad de Materiales: } \frac{11\,273\,463 \frac{\text{ladrillos}}{\text{año}}}{50\,656,20 \frac{\text{toneladas de MP}}{\text{año}}}$$

$$\text{Productividad de Materiales: } 222,55 \frac{\text{ladrillos}}{\text{toneladas de MP}}$$

La interpretación al indicador anterior es que por cada tonelada de materia prima que ingresa al proceso, se obtienen 222 ladrillos de tipo pandereta.

- **Productividad de Mano de Obra**

Para el cálculo de este indicador es necesario conocer la cantidad de producción anual y el número de trabajadores involucrados netamente en el área de producción.

Tabla 17. Trabajadores del área de producción

Puesto de trabajo	Número de personal (hombre/turno día)	Número de personal (hombre/turno noche)	Horas trabajadas al año* por operario (h-op./año)	Total de horas trabajadas al año (h/año)
Carga de materia prima a la tolva de recepción por medio de un cargador frontal	1	1	3 456	6 912
Amasado	1	1	3 456	6 912
Moldeado y Cortado	1	1	3 456	6 912
Automatismo de carga de ladrillo en crudo	1	1	3 456	6 912
Transporte a Área de Secado	2	2	3 456	13 824
Controlador del Secado	1	1	3 456	6 912
Armado de vagones	3	4	3 456	24 192
Transporte del área de Armado a Horno	3	4	3 456	24 192
Control cámara horno	1	1	3 456	6 912
Transporte de ladrillo a almacén	2	2	3 456	13 824
Total	17	17	34 560	117 504

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

En la tabla 17 se lista los puestos de trabajo que intervienen en el área de producción, la cantidad de colaboradores y el total de horas-hombre trabajadas. Como se detalló en el marco teórico, la productividad de mano de obra es la relación entre la cantidad de producción al año y el número de operarios que intervienen en dicha producción, por lo que:

$$P_{\text{mano de obra}} = \frac{11\,273\,463 \text{ unidades/año}}{34 \text{ hombres}}$$

$$P_{\text{mano de obra}} = 331\,572 \frac{\text{unidades}}{\text{hombre.año}}$$

El indicador calculado significa que cada operario produce al año 331 572 ladrillos pandereta.

d) Eficiencia

- **Eficiencia Física**

Para calcular la eficiencia física se procedió a calcular las salidas, que son el producto terminado en toneladas alcanzado en el año 2016 y las entradas, que es la materia prima que ingresa para realizar dicha producción. El resultado representa el porcentaje que está siendo aprovechado por tonelada de materia prima.

$$E_{\text{física}} = \frac{31\,565,7 \text{ toneladas}}{50\,656,2 \text{ toneladas}}$$

$$E_{\text{física}} = 0,6231 \cong 62,31\%$$

El indicador calculador significa que por cada tonelada de materia prima que ingresa al proceso sólo se aprovecha el 62,31%, siendo el 37,69% restante la pérdida o merma de las materias primas a utilizar. Es necesario realizar mejoras en el proceso de producción para disminuir este porcentaje de mermas.

- **Eficiencia Económica**

Para calcular la eficiencia económica se procedió a calcular las ventas, que es la multiplicación de la cantidad de producto puesto hacia el cliente por el precio de venta. Conociendo que el precio por ladrillo es de 0,63 soles y que el costo de producción por ladrillo tiene un valor de 0,25 soles, se tiene que:

$$Económica = \frac{11\,273\,463 \text{ ladrillos} * 0,63 \text{ soles/ladrillo}}{15\,586\,522 \text{ ladrillos} * 0,25 \text{ soles/ladrillo}}$$

$$Económica = \frac{7\,102\,281,69 \text{ soles}}{3\,927\,803,54 \text{ soles}}$$

$$Económica = 1,81$$

El indicador calculado significa que por cada sol invertido la empresa está ganando 0,81 soles. La organización tiene el potencial para obtener una mayor eficiencia económica solo si mejora sus procesos y reduce sus mermas, lo cual es uno de los fines de la presente investigación.

e) Capacidad

En base al ritmo de producción de 7,5 t/h calculado anteriormente, se tiene que:

- **Capacidad proyectada**

N° de hora laboral por mes:

$$\text{N° de horas de trabajo} = \frac{12 \text{ h}}{\text{Turno}} \times \frac{2 \text{ turnos}}{\text{día}} \times \frac{24 \text{ días}}{\text{mes}}$$

$$\text{N° de horas trabajadas} = 576 \text{ h/mes}$$

$$576 \text{ horas/mes} \times 7,5 \text{ toneladas/hora} = 4\,320 \text{ toneladas/mes}$$

Al mes su capacidad proyectada es de 576 horas, produciendo por hora 7,5 toneladas, se produce 4 320 toneladas al mes en dos turnos.

- **Capacidad efectiva:**

$$\text{N° de horas de trabajo} = \frac{12 \text{ h}}{\text{Turno}} \times \left[\left(\frac{2 \text{ turnos}}{\text{día}} \times \frac{24 \text{ días}}{\text{mes}} \right) - \frac{1 \text{ turno}}{\text{mes}} \right]$$

$$\text{N° de horas trabajadas} = \frac{12 \text{ h}}{\text{Turno}} \times \frac{47 \text{ turnos}}{\text{mes}}$$

$$\text{N° de horas trabajadas} = 564 \frac{\text{horas}}{\text{mes}}$$

$$564 \text{ horas/mes} \times 7,5 \text{ toneladas/hora} = 4\,230 \text{ toneladas/mes}$$

Las horas de trabajo son de 576 horas menos un turno al mes por mantenimiento correctivo, lo que significa que se trabaja 564 horas al mes con una producción de 4 230 toneladas por mes.

- **Capacidad ociosa:**

La diferencia entre la capacidad diseñada y capacidad efectiva nos da como resultado:

$$\text{Capacidad ociosa} = 4\,320 \frac{\text{toneladas}}{\text{mes}} - 4\,230 \frac{\text{toneladas}}{\text{mes}}$$

$$\text{Capacidad ociosa} = 90 \text{ toneladas/mes}$$

f) Utilización

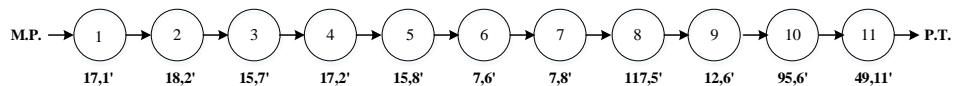
La utilización es:

$$\text{Utilización} = \frac{4\,230 \text{ toneladas/mes}}{4\,320 \text{ toneladas/mes}} \times 100$$

$$\text{Utilización} = 97\%$$

g) Cuello de Botella

A partir de las mediciones realizadas y el cálculo promedio de las actividades mostradas en la tabla 14, se halla el cuello de botella del proceso de producción de ladrillos pandereta.



El cuello de botella es el proceso de secado con un tiempo de 117,5 minutos para procesar 17 toneladas de materia prima.

h) Fallas al año

En el año 2016 Cerámicos DETT S.A.C. presentó un total de 62 fallas en las distintas máquinas pertenecientes al proceso productivo del ladrillo, fallas causantes de las continuas paradas no programadas en el proceso y que representan un total de 88 horas, es decir, tiempo improductivo. Estas fallas también repercuten sobre la calidad del producto final, puesto que al generarse paradas repentinas e inesperadas alteran las condiciones del material en proceso, causa por la cual también se generan las mermas.

Finalmente, en la tabla 18 mostrada a continuación, se presenta el resumen de los indicadores de producción y productividad actuales de la empresa Cerámicos DETT S.A.C. calculados anteriormente:

Tabla 18. Resumen de los indicadores actuales

Indicador actual	Valor
Producción total anual	15 586 522 ladrillos
Producción total a venta	11 273 463 ladrillos
Merma anual	4 313 059 ladrillos
Impacto económico	1 638 962, 42 soles
Porcentaje anual de mermas	28%
Productividad de materiales	222,5 ladrillos / tonelada de materia prima
Productividad de mano de obra	331 572 unidades / hombre.año
Eficiencia física	62,3 %
Eficiencia económica	1,81

3.3 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y SUS CAUSAS

En la figura 16 se presenta el diagrama de Ishikawa frente al problema de la presencia de mermas en el proceso de producción de ladrillo pandereta:

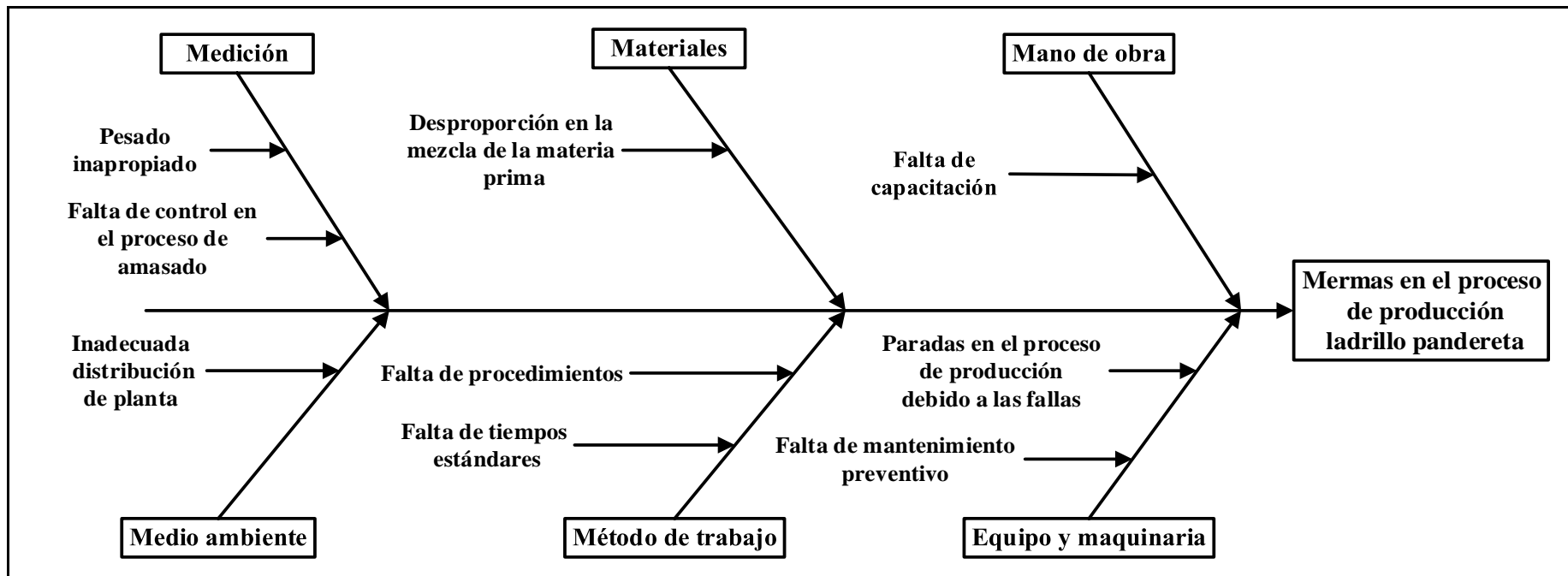


Figura 16. Diagrama Causa - Efecto de mermas en el proceso de producción de ladrillos en Cerámicos DETT S.A.C.

La empresa en estudio tiene como problema principal la presencia de mermas en el proceso de producción para los ladrillos pandereta, por ello fue necesario realizar un estudio exhaustivo para determinar las siguientes causas posibles junto a la propuesta de solución dada.

Tabla 19. Identificación de problemas, causas y posibles soluciones

Problema General	Problema de producción	Causas posibles	Propuesta general de solución
Merma en el proceso de producción para la fabricación de ladrillos	Presencia de roturas o grietas en el producto final	Desproporción en la mezcla de la materia prima	Realizar un adecuado pesado mediante la implementación de una balanza industrial. Realizar una correcta recolección de la materia prima por parte de un operario al momento de ser enviada a la tolva y establecer un procedimiento. Implementar sensores de humedad en el proceso de amasado y llevar un control mediante un procedimiento establecido.
	Paradas en el proceso de producción por la presencia de averías o fallas en la maquinaria.	Mantenimiento de máquinas inadecuado y no planificado	Realizar un Plan de mantenimiento preventivo.
	Bajo nivel de productividad ejercido por el personal	Falta de capacitación de personal. Falta de tiempos estándares	Capacitar al personal de manera constante. Realizar un estudio para estandarizar los tiempos del proceso.
	Inadecuada distribución de la planta.	Áreas mal distribuidas, distancias elevadas entre área de producción.	Rediseño de planta.

3.3.1 Problemas, Causas y Propuestas de Solución en el Sistema de Producción

Problema de Producción 1: Presencia de roturas o grietas en el producto final

Causas posibles:

✓ **Desproporción en la mezcla de la materia prima**

Actualmente, Cerámicos DETT S.A.C. no realiza un adecuado control de las proporciones de materia prima (70% arcilla y 30% arena), esto se evidencia al momento de extraer y transportar la materia prima de la cantera hacia el área de almacenamiento, donde el equivalente a 2 camiones llenos representan el 70% de la arcilla, mientras que las 2/3 partes de la capacidad de un camión equivalen al 30% de arena, información brindada por la empresa y corroborada mediante las visitas.

Además, se evidenció que al momento de trasladar la materia prima mediante un cargador frontal hacia las tolvas de recepción para su posterior mezcla, existe una recolección inadecuada de materia prima, dejando material fuera del proceso productivo, adherido en las paredes y suelo, creando una situación de desconformidad de proporciones de la mezcla.

Una vez ingresada la mezcla de la materia prima en la tolva de recepción, esta es conducida hacia el área del mezclado, donde se trituran y/o rompen los terrones existentes en ella, para luego ser transportada hacia la máquina laminadora, obteniendo como resultado la mezcla en planchas.

Posteriormente, se realiza el proceso del amasado, donde se forma una masa cerámica plástica uniforme, la cual debe ingresar al siguiente proceso llamado extrusión. En reiteradas ocasiones sucede que esta masa cerámica no presenta la plasticidad correcta para ser conducida hacia la extrusora, es decir, la mezcla se encuentra demasiado seca, lo que induce a forzar la máquina para que cumpla su función. Ante esto, un operario se encarga de añadir cierta cantidad de agua a la mezcla con la finalidad de aumentar la humedad, proceso que no es controlado.

Culminado el proceso de extrusión, esta masa ya formada procede a su respectivo corte con las dimensiones correspondientes, obteniendo el ladrillo en crudo como tal.

A continuación, el ladrillo es enviado al proceso de secado, donde el ladrillo en crudo no ingresa con las proporciones adecuadas de su composición, razón por la cual este proceso no es uniforme originando contracciones en el ladrillo y disminución en sus dimensiones originales, esto se evidencia a la salida del proceso, ladrillo seco que debe tener un peso de 2,8 kg como resultado pero que en reiteradas ocasiones alcanza un peso menor al estimado. También, en ocasiones la unidad presenta agrietamiento, lo que disminuye su resistencia.

El siguiente proceso es el de cocción, donde el ladrillo seco ingresa al horno y un operario se encuentra a cargo de los controles para la variación de temperaturas, las cuales se rigen en un rango de 600° a 900°C, obteniendo como resultado el ladrillo propiamente cocido y terminar con proceso el proceso de enfriamiento en un área determinada de la empresa para ser conducido hacia el almacenamiento de producto terminado.

Propuesta de solución:

Se propone:

- Gestionar la compra de una balanza industrial y realizar un control de pesaje de materia prima.
- Redactar e implementar un procedimiento adecuado y mejorado de recolección de arcilla y arena para su transporte a la tolva de recepción.
- Gestionar la compra e implementación de sensores de humedad para el área de amasado del proceso de producción, y a su vez implementar un área de calidad para hacer seguimiento a estos datos, debido a que la medición y control de la humedad constituyen un factor clave en la calidad de la fabricación de ladrillos.

Problema de producción 2: Paradas en el proceso de producción

Causas posibles

✓ Mantenimiento de máquinas inadecuado y no planificado

El área de mantenimiento es el área encargada de realizar los mantenimientos a los activos físicos de la empresa, los cuales incluyen máquinas, equipos y vehículos de transporte.

Para la ejecución de los trabajos, se cuenta con 3 personas, el supervisor maestro mecánico eléctrico, y dos técnicos encargados de ejecutar las órdenes dadas. El supervisor maestro mecánico eléctrico, no cuenta con estudios universitarios, más sí con estudios técnicos en mecánica de mantenimiento. A pesar de que el supervisor cuenta con una gran experiencia en el área, la falta de especialización ha provocado que toda el área esta desorganizada en la aplicación del mantenimiento a los activos, ya que no cuentan con un cronograma ni con una planificación anual de mantenimiento.

El mantenimiento de los equipos y maquinarias que se emplean en el proceso de producción de ladrillos es realizado por el departamento de mantenimiento de la empresa Cerámicos DETT S.A.C., ellos llevan a cabo un mantenimiento correctivo, el cual solo se realiza cuando se presentan fallas o averías en los equipos o maquinaria, que no solo son la causa de paradas en el proceso de producción, sino que también ponen en riesgo la calidad de ladrillo y la seguridad de los operarios.

Tabla 20. Registro de fallas en el año 2016

Mes	Máquina	Componente	Descripción de la falla	N° de fallas	Tiempo de parada por falla (h)	Tiempo total de paradas al año (hrs/año)
Enero	Extrusora	Motor	Sobrecarga	2	2	4
		Palas hexagonales	Recalentamiento por sobrecarga	1	0,5	0,5
	Secadero	Rodamiento riel	Recalienta por falta de lubricación	1	1	1
	Cortadora	Hilos	Ruptura de hilos de corte	2	1	2
	Mezcladora	Motor	Recalentamiento por sobrecarga	1	2	2
	Horno	Sensor	Detecta mal la temperatura	2	2	4
Febrero	Cortadora	Hilos	Ruptura de hilos de corte	2	1	2
	Secadero	Motor	Sobrecarga	1	3	3
		Ventilador	Desgaste de paletas	1	3	3
	Horno	Suministro de gas	Quemador no enciende	1	5	5
Marzo	Amasadora	Palas principales	Desgaste de palas	1	3	3
	Extrusora	Caja de engranajes	Sobrecarga de rodamientos	2	0,5	1
Abril	Mezcladora	Chumacera	Recalienta por falta de lubricación	2	2	4
		Paletas	Deterioradas	1	1	1
Mayo	Extrusora	Caja de engranajes	Sobrecarga de rodamientos	1	0,5	0,5
	Mezcladora	Faja principal	Desgaste	1	1	1
	Cortadora	Hilos	Ruptura de hilos de corte	2	1	2
Junio	Secadero	Rodamiento de riel	Recalienta por falta de lubricación	2	1	2
	Amasadora	Motor	Recalentamiento por rodaje	1	2,5	2,5
		Palas principales	Recalentamiento por sobrecarga	2	3	6
	Extrusora	Motor	Sobrecarga	2	2	4
Julio	Cortadora	Hilos	Ruptura de hilos de corte	2	2	4
	Mezcladora	Motor	Sobrecarga	1	2	2
		Chumacera	Recalienta por falta de lubricación	1	2	2
	Extrusora	Palas hexagonales	Recalentamiento por sobrecarga	1	0,5	0,5
Agosto	Extrusora	Caja de engranajes	Sobrecarga de rodamientos	1	0,5	0,5
Setiembre	Cortadora	Hilos	Ruptura de hilos de corte	2	1	2
	Mezcladora	Faja principal	Desgaste	1	1	1
		Paletas	Deterioradas	1	1	1
Octubre	Secador	Ventilador	Desgaste de paletas	1	3	3
	Amasadora	Motor	Recalentamiento por rodaje	1	2,5	2,5
	Horno	Sensor	Detecta mal la temperatura	1	2	2
Noviembre	Extrusora	Palas hexagonales	Recalentamiento por sobrecarga	2	0,5	1
	Horno	Suministro de gas	Quemador no enciende	1	5	5
	Cortadora	Hilos	Ruptura de hilos de corte	1	1	1
Diciembre	Secador	Motor	Pérdida de potencia	1	3	3
	Cortadora	Hilos	Ruptura de hilos de corte	2	1	2
	Mesa de automatismo	Sensor	No detecta ladrillos	1	2	2
Total				52	68	88

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

En la tabla 20 se puede evidenciar la cantidad de fallas por componente de máquina contabilizadas a lo largo del año 2016, datos obtenidos por medio de un registro proporcionado por la misma empresa.

Por otro lado, para el cálculo del costo que demanda este mantenimiento correctivo no programado que Cerámicos DETT S.A.C. desarrolla actualmente ante las fallas registradas, se presentan las siguientes tablas:

Tabla 21. Costo de los componentes de las máquinas por mantenimiento correctivo

Componente	Elementos	Costo por unidad (soles)	Costo total (soles)
Paletas para la mezcladora	2	130	260
Aceite	3	20	60
Faja principal	2	2 400	4 800
Palas hexagonales para la extrusora	4	150	600
Rodamientos para la extrusora	4	360	1 440
Hilos para la cortadora	15	1,5	187,5
Sensor de mesa de automatismo	1	48	48
Paletas de ventilador	2	120	240
Mangueras de suministro de gas	2	8,5	17
Palas principales de la amasadora	3	125,5	376,5
Total			8 029

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

Tabla 22. Costo de mano de obra por mantenimiento correctivo

Componente	Número de horas paradas	N° de mantenimiento	Costo mano de obra por técnico (soles)	Costo de mano de obra por 3 técnicos (soles)	Costo de hora por operario (soles)	Costo de hora por 16 operarios (soles)
Faja principal de mezcladora	2	2	20,83	62,5	20,83	333,33
Motor de mezcladora	4	2	41,67	125	41,67	666,67
Chumaceras de mezcladora	6	3	62,5	187,5	62,5	1 000
Paletas de mezcladora	2	2	20,83	62,5	20,83	333,33
Motor de amasadora	5	2	52,08	156,25	52,08	833,33
Palas principales de amasadora	9	3	93,75	281,25	93,75	1 500
Palas hexagonales de extrusora	2	4	20,83	62,50	20,83	333,33
Motor de extrusora	8	4	83,33	250	83,33	1 333,33
Rodamientos de extrusora	2	4	20,83	62,50	20,83	333,33
Hilos de cortadora	15	15	156,25	468,75	156,25	2 500
Sensor de mesa de automatismo	2	1	20,83	62,5	20,83	333,33
Rodamiento de riel del secador	3	3	31,25	93,75	31,25	500
Paletas de ventilador del secador	6	2	62,5	187,5	62,5	1 000
Motor del secador	6	2	62,5	187,5	62,5	1 000
Sensor de temperatura del horno	6	3	62,50	187,5	62,5	1 000
Suministro de gas del horno	10	2	104,17	3 12,5	104,17	16 66,67
Total	88	54	916,67	2 750	916,67	14 666,67

En conclusión, en base a los costos de los elementos de máquina utilizados para reparo de falla y el costo de mano de obra por reparación proporcionados en las tablas mostradas anteriormente, se puede calcular el costo total por mantenimiento correctivo, siendo este el resultado de la suma de los dos costos antes mencionados, obteniendo un monto total de S/ 25 445,67.

Propuesta de solución:

Se propone un plan de mantenimiento preventivo, el cual consta de las siguientes etapas:

- Identificación de las máquinas críticas dentro del proceso productivo, con mayor frecuencia de fallas e impacto económico en la empresa.
- Cálculo del Tiempo medio entre falla (MTBF) por máquina.
- Determinar acciones de solución.
- Establecer un cronograma de mantenimiento preventivo.
- Calcular el costo que demandará realizar un mantenimiento preventivo.

Problema de producción 3: Bajo nivel de productividad ejercido por el personal

Causas posibles:

- ✓ **Falta de capacitación de personal**

Cerámicos DETT S.A.C. cuenta con 34 operarios al día en el área de producción, este personal no se encuentra calificado para laborar en las áreas en las que se desempeñan actualmente, lo que representa una de las principales causas de la obtención de mermas en cada proceso y que viene sucediendo desde el inicio del funcionamiento de la empresa.

En base a las visitas realizadas a la empresa en estudio, la observación y un registro de educación y capacitación del personal realizado en las áreas consideradas críticas y resuelto mediante la colaboración de los trabajadores mostrado en el tabla 23 y 24, se tiene que:

Tabla 23. Nivel de instrucción de personal en áreas críticas

Nivel de instrucción	Área					
	Llenado de tolva de recepción de MP		Amasado		Cocción	
	Completo	Incompleto	Completo	Incompleto	Completo	Incompleto
Primaria						
Secundaria	x			x		
Técnico						x
Superior						

Tabla 24. Verificación de capacitación de personal en área crítica

Capacitaciones en:	Sí	No
Medición de proporciones de materia prima		x
Amasado		x
Cocción		x

De este modo, se logró evidenciar que el personal contratado para el área de producción de Cerámicos DETT S.A.C. no cuenta con experiencia técnica e incluso muchos de ellos no cuentan con estudios completos, sino que su aprendizaje básico en el manejo de maquinaria se debe a la observación y explicación de algún trabajador con años de experiencia, además de no recibir capacitaciones a intervalos de tiempo. La contratación de este personal se debe a que la empresa no tiene como política el contratar a personal calificado, además de pagar un salario básico por la misma razón.

A continuación, se muestra la tabla 25 donde se puede apreciar el grado de conocimiento de los operarios en las distintas áreas de producción, estos datos se obtuvieron mediante la observación durante las visitas y entrevistas personales a cada operario.

Cabe mencionar, que los ítems en cuestión representan puntos claves para definir la necesidad de capacitación hacia el personal, razón por la cual se toma en cuenta para resolver y evidenciar el problema anteriormente mencionado.

Tabla 25. Evaluación de personal en áreas críticas

ACTIVIDAD	Ítem	Nivel			TOTAL
		Bajo	Medio	Alto	
		1	2	3	
Llenado de tolva de recepción de materia prima	1. Conoce y tiene habilidad en el desempeño de su labor	1			1
	2. Conoce los riesgos de su trabajo		2		2
	3. Conoce y dispone de flexibilidad para laborar en otras áreas	1			1
	4. Posee capacidad para informar	1			1
	5. Tiene nivel de liderazgo	1			1
	6. Nivel de responsabilidad		2		2
	7. Aptitud de trabajo en equipo y colaboración	1			1
PUNTUACIÓN DE MEDICIÓN DE MATERIA PRIMA					1
Amasado	1. Conoce y tiene habilidad en el desempeño de su labor	1			1
	2. Conoce los riesgos de su trabajo	1			1
	3. Conoce y dispone de flexibilidad para laborar en otras áreas	1			1
	4. Posee capacidad para informar	1			1
	5. Tiene nivel de liderazgo	1			1
	6. Nivel de responsabilidad		2		2
	7. Aptitud de trabajo en equipo y colaboración	1			1
PUNTUACIÓN DE AMASADO					1
Cocción	1. Conoce y tiene habilidad en el desempeño de su labor		2		2
	2. Conoce los riesgos de su trabajo		2		2
	3. Conoce y dispone de flexibilidad para laborar en otras áreas	1			1
	4. Posee capacidad para informar		2		2
	5. Tiene nivel de liderazgo	1			1
	6. Nivel de responsabilidad		2		2
	7. Aptitud de trabajo en equipo y colaboración		2		2
PUNTUACIÓN DE COCCIÓN					2

Como se puede evidenciar en las tres etapas del proceso productivo estudiadas con un rango de puntuación de entre 1 a 3 siendo 1 el nivel de conocimiento por el operario más bajo y 3 el más alto, el proceso de llenado de tolva con las proporciones adecuadas de materia prima y amasado obtuvieron un puntaje de 1 indicando que se tiene un nivel de conocimiento muy bajo y el de cocción con 2, lo que significa un desempeño medio.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede interpretar que en las diferentes etapas del proceso no se tienen parámetros definidos de manejo de la máquina, ya que por la experiencia de cada trabajador, estos manejan y controlan la máquina como creen que es lo correcto, además, se observa que

realizan su trabajo de manera rutinaria, es decir, no se enfocan en aprender sobre el manejo de otras áreas, perjudicando en muchas ocasiones a la producción, es por esta variación del manejo de la maquinaria que obtenemos productos con diferentes deficiencias. A demás, se observa que los operarios carecen de aptitud de liderazgo y trabajo en equipo, razón por la cual la comunicación dentro del proceso productivo se torna deficiente y es así como también se generan complicaciones en el proceso repercutiendo en la calidad producto final.

Propuesta de solución:

Se propone un plan de capacitación con distintos temas según las necesidades identificadas en Cerámicos DETT S.A.C., dirigido hacia todo el personal del área de producción.

✓ Falta de tiempos estándares

Tras realizar una serie de visitas a la empresa, consultar con los dueños y empleados, conocer el proceso productivo que se realiza en Cerámicos DETT S.A.C. y tomar tiempos, se pudo evidenciar que la empresa no tiene determinado los estándares de tiempos que debe emplear el operario para la realización de cada operación que requiere el proceso productivo para elaboración de ladrillos, ni el porcentaje de tolerancias de este operario, lo que implica exceso de tiempos improductivos y en consecuencia costos elevados de mano de obra y de producción.

La tabla 14 mostrada en el diagnóstico actual de la empresa se puede evidenciar los tiempos promedio utilizados en el proceso productivo para la elaboración de ladrillos, mostrando un resultado un tiempo total de 457,67 minutos, tiempo calculado en base a una producción de 17 toneladas.

Propuesta solución:

La empresa Cerámicos DETT S.A.C. necesita tener normalizados o estandarizados los procesos y actividades que se lleven a cabo dentro de la misma, solo de este modo se podrá conocer el nivel de eficiencia por parte del operario a la hora de realizar las actividades y cómo es que esto influye en la productividad de la empresa. Puesto que para cualquier empresa es necesario crecer y aumentar su rentabilidad amplía su productividad de manera eficiente y placentera para concebir mayores ganancias.

Por ello, se propone seguir la metodología de Niebel (2011), quien propone en primer lugar aplicar el Sistema Westinghouse para calcular el factor de calificación y evaluar el desempeño del operario.

Cabe recalcar que para hallar este factor es necesario tomar en consideración algunos factores como la habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia, los cuales tomarán diferentes pesos según sea el caso.

✓ **Inadecuada distribución de la planta**

Actualmente, Cerámicos DETT S.A.C. presenta una deficiente utilización de espacio en su planta de producción. Se puede evidenciar excesivas distancias a recorrer en el flujo de trabajo como es el caso del área de almacenamiento de la materia prima y la tolva de recepción, con una distancia de 15 m, lo que resulta en tiempo y espacio innecesario en el proceso productivo ocasionando demoras. Asimismo, entre el área de armado de vagones y la entrada al área de cocción existe una distancia exagerada, lo cual genera una sobrecarga de esfuerzo en los operarios.

Por otro lado, también se evidenció que el largo de la faja transportadora que envía el material recibido en la tolva de recepción hacia la máquina mezcladora es mayor al necesario, acrecentando la distancia entre áreas y sumando tiempos muertos.

En la tabla 26 se muestran los transportes realizados en la empresa, así como la cantidad de metros y tiempos involucrados para la producción de 17 toneladas de materia prima:

Tabla 26. Distancias y tiempos de transportes

Descripción de transporte	Distancia (m)	Tiempo (min)
Transporte de MP a tolva de recepción mediante cargador frontal	15	17,1
Transporte de la MP hacia la máquina mezcladora por fajas transportadoras	10	10,75
Transporte de la mezcla hacia su laminado por fajas transportadoras	6	5,6
Transporte de la mezcla laminada a la amasadora mediante fajas transportadores	8	5,82
Transporte de la masa cerámica plástica hacia la extrusora por fajas transportadoras	6	5,07
Transporte del ladrillo formado hacia la cortadora mediante faja de rodillos	5	6,13
Transporte de ladrillos cortados hacia mesa de automatismo	5	6,6
Transporte de estanterías manualmente hacia el área de secado	14,5	12,3
Transporte manual de ladrillos secos hacia el área de armado de vagón	20	12,62
Transporte manual de vagones hacia el horno	50	12,97
Transporte manual de ladrillos hacia el Almacén de Producto Terminado	10	5,6
Total	149,5	100,56

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

En base a la tabla mostrada anteriormente se calculó un total de 100,56 minutos de tiempo muerto considerados así debido a que no agregan valor al producto, es por ello que en la distribución de planta propuesta se deberán ver reducidos.

De igual forma, se encuentra presente maquinaria que no es utilizada, como el pre-horno (3x24 m²), ubicada entre las áreas de armado de vagón y la entrada del horno, ocupando espacio innecesario y exceso de movimientos manuales al momento de transportar los vagones hacia su cocción.

Por otro lado, la planta actual no cuenta con un área determinada para los desperdicios, por lo que se acumulan las mermas de ladrillo y cantidades de piezas averiadas en lugares no adecuados obstruyendo el camino de los operarios en el área del proceso productivo y generando un ambiente de condiciones incómodas de trabajo y de dificultad en el control en las operaciones. En la figura 17 se puede evidenciar lo comentado anteriormente.



Figura 17. Desperdicios a lo largo de la empresa
Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

Cerámicos DETT S.A.C. no cuenta con áreas consideradas necesarias en toda empresa industrial tales como el área de control de calidad; área de servicios higiénicos dentro del área de producción, ya que solo existe servicios higiénicos dentro de las oficinas administrativas y genera tiempos improductivos; y un área de desperdicios, donde se puede gestionar las mermas y reducir los índices de accidentes de los operarios.

A continuación se muestra la figura 18 con la distribución de planta actual en Cerámicos DETT S.A.C., además se logra evidenciar los problemas mencionados anteriormente resaltados en círculos rojos con la finalidad de tener una mayor visión de estos:

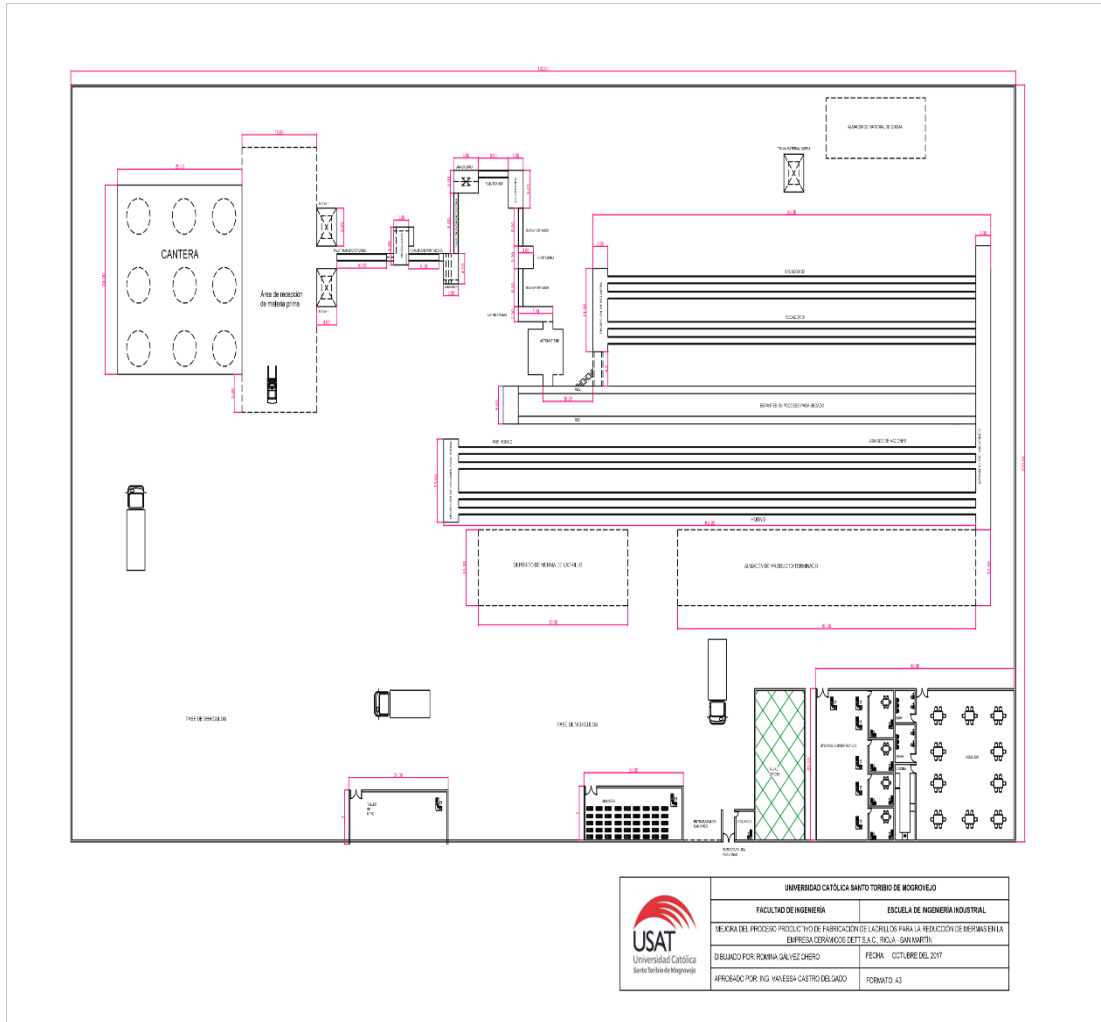


Figura 18. Distribución de planta actual de Cerámicos DETT S.A.C.

Propuesta de solución:

Se propone una redistribución de planta y la creación de nuevas áreas, mediante la metodología Systematic Layout Planning (SLP).

Para ello, se debe seguir la siguiente secuencia:

- Identificar todas las áreas existentes en la empresa con sus respectivas medidas.
- Calcular el tiempo total de transporte que no agregan valor al proceso.
- Determinar las necesidades de nuevas áreas.
- Presentar el nuevo diseño de distribución de planta.
- Presentar las distancias y tiempos de nuevos para todos de transportes.

3.4 DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

3.4.1 Desarrollo de Mejoras

- ✓ **Mejora 1: Gestionar la compra e implementación de una balanza industrial de camiones para el pesado de la materia prima.**

Con el propósito de realizar un correcto pesado de la materia prima, se propone la adquisición de una balanza industrial para camiones. Para su elección, fue necesario realizar una previa búsqueda en el mercado de proveedores de balanzas de camiones.

Ante esta búsqueda se obtuvo como resultado la máquina siguiente:

Tabla 27. Ficha técnica de la balanza industrial para camiones

Ficha técnica de maquinaria	
	
1. Nombre de la máquina	
Balanza industrial	
2. Modelo	
VTC221	
3. Marca	
Mittler Toledo	
4. Características técnicas	
Espesor de concreto:	254 mm
Dimensiones:	3 m x 7 m
Uso:	100 000 vehículos por año
Capacidad:	60 a 90 t
4. Aplicaciones:	Desechos sólidos, minería, puertos, productos forestales, etc.
5. Función	
Las balanzas industriales de camiones sirven para pesar directamente a los camiones con gran capacidad de peso y controlarlos por si llevan exceso de carga.	
6. Fotografía	
	

Fuente: Equipos & Soluciones METTLER TOLEDO

Esta máquina tiene un costo de S/ 28 000 y su adquisición permitirá realizar un pesado exacto de acuerdo a las proporciones de la mezcla, evitando que se generen variaciones que alteren las propiedades como tal del producto terminado.

El peso exacto que debe tener el ladrillo pandereta debe llevar un porcentaje de materia prima de:

Tabla 28. Proporciones de materia prima

Materia prima	Porcentaje (%)
Arcilla Roja	70%
Arena	30%
Total	100%

Fuente: Cerámicos DETT S.A.C.

A continuación, se muestra el formato donde el operario encargado del área tendrá la función de colocar la cantidad de materia prima que llega a la empresa:

Tabla 29. Formato del proceso de pesado de materia prima

Fecha	Conductor	Camión	Peso Bruto	Peso Neto	Tipo de material
Realizado por:					
Firma:					
Revisado por:					
Firma:					

Este registro se propone con la finalidad de llevar un control diario de la cantidad de materia prima que ingresa a Cerámicos DETT S.A.C. Además, es necesario identificar al conductor quien es el encargado de traer el tipo de materia prima desde la cantera, con el propósito de que si en algún momento ocurriese algún tipo de situación extraña, este sea la persona responsable de lo que se lleve a la empresa.

✓ **Mejora 2: Establecer un procedimiento de cargado de materia prima hacia la tolva receptora.**

Esta propuesta se plantea con la finalidad de realizar el proceso de cargado de materia prima hacia la tolva de recepción de una manera más eficiente, donde se requiere la asignación de un trabajador que opere con una palana para realizar una recolección más minuciosa de la materia prima.

En la tabla 30, se muestra el procedimiento detallado que deberá llevar acabo en Cerámicos DETT S.A.C. para el correcto proceso de cargado de materia prima.

Tabla 30. Procedimiento del proceso de carga de materia prima

PROCEDIMIENTO DE CARGA DE MATERIA PRIMA
--

El procedimiento de cargado de materia prima tiene como objetivo lograr una adecuada recolección de las proporciones de materia prima (arcilla y arena) necesaria para la mezcla del proceso de producción de ladrillo.

Responsable:	Jefe de producción	Personal involucrado:	- Chofer de cargador frontal. - Operario de recolección de materia prima.
Lugar: Área de almacenamiento de materia prima		Equipos: Cargador frontal, palana y tolva	

Hecho por:	Fecha:	Aprobado por:	Fecha:
-------------------	---------------	----------------------	---------------

N°	Procedimiento
1	En un inicio, la arcilla y la arena esta esparcida en el área de recepción con las cantidades ya pesadas y volcadas por los camiones. Seguido de ello, ingresa un cargador frontal operado por un chofer capacitado, cuya función principal es cargar la materia prima del suelo con el cucharón del vehículo y transportarla hacia la tolva receptora.
2	Debido a que el cucharón de la máquina no alcanza a cargar toda la materia prima almacenada, es necesario la presencia de un operario, que con ayuda de una palana recolecte la materia prima esparcida en lugares donde el cargador no llega.
3	El operario, quien está capacitado para la labor que realiza y cuenta con todos sus implementos de seguridad correspondientes, palanea y lleva la materia prima recolectada hacia el cucharón del cargador frontal y este lo llevará nuevamente a la tolva receptora.
4	El operario se asegura de que no queden rastros de materia prima esparcidos en el área.

✓ **Mejora 3: Gestionar la compra e implementación de sensores de humedad para el proceso de amasado, y a su vez implementar un procedimiento para su respectivo seguimiento.**

Se hizo una búsqueda en el mercado de proveedores de sensores para medir humedad y en respuesta a nuestra investigación se encontró a Hydromix, empresa fabricante y líder mundial de sensores digitales de medición de humedad por microondas.


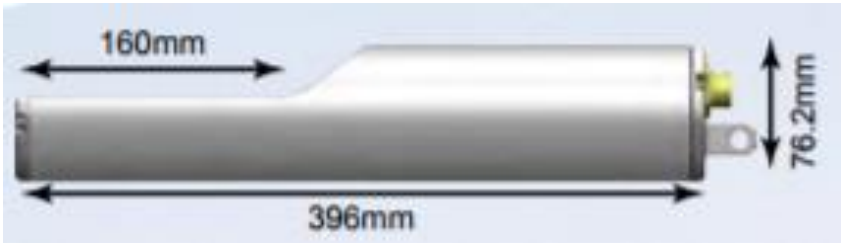
Estos sensores utilizan la técnica de medición de contacto que, comparada con otros métodos de medición de la humedad, se ve menos afectada por impurezas, colores, tamaño de las partículas o temperatura.

El tipo sensor elegido para esta mejora es el Hydro-Probe, sensor que tiene entre sus aplicaciones habituales la arena, el cemento, el hormigón, el asfalto y los áridos; y que cuenta con un procesamiento integral de señales que ofrece una salida lineal (tanto digital como analógica) y que se puede conectar fácilmente a cualquier sistema de control.

En caso de que el sensor de humedad utilizado sobre la mezcla en proceso para la fabricación de ladrillos marque un porcentaje de humedad inferior al correspondiente en el proceso de amasado, será necesario incrementar el nivel de humedad, por lo que un operario tendrá que agregar la cantidad de agua necesaria para su correcto funcionamiento.

A continuación, en la tabla 31 se presenta la ficha técnica del sensor de humedad por microondas Hydro-Probe:

Tabla 31. Ficha técnica del sensor de humedad Hydro-Probe

Ficha técnica de maquinaria		
1. Nombre de la máquina		
Sensor de humedad digital por microondas		
2. Modelo		
Hydro-Probe		
3. Marca		
Hydronix		
4. Características técnicas		
Velocidad de actualización:	25 veces/s	
Potencia:	+15 V a +30 V de CC, 4 W	
Temperatura de funcionamiento:	0° y 60° C	
Penetración de campo:	75 – 100 mm	
Dimensiones:	396 mm x 76,2 mm	
5. Función		
El Hydro-Probe mide con exactitud el contenido de humedad del material a medida que pasa por la placa frontal cerámica mediante una medición de 25 lecturas por segundo y funciones como la de procesamiento avanzado de señales y de promediado.		
6. Aplicación:	Hormigón, áridos, asfalto y ladrillos de arcilla.	
7. Fotografía		
		

Fuente: Tecnología Hydronix

La medición y control de la humedad constituye un factor clave para la calidad en la fabricación de ladrillos de arcilla, por lo que Hydronix por microondas es un método totalmente preciso y eficaz de medir la humedad presente en la fabricación de ladrillos de arcilla. Saber cuál es el nivel de la humedad presente en la mezcla final significa que se puede calcular con total precisión el tiempo correcto de secado y reducir el número de lotes rechazados.

Lo que se propone es instalación de dos de estos sensores de humedad sobre las cintas transportadoras, una de ellas a la entrada de la máquina amasadora y la otra a la salida de la misma, con un costo total de S/ 33 173,08.

Para su instalación, Hydronix ofrece una formación de producto y un servicio postventa, prestando asistencia técnica in situ, para ello será necesario ponerse en contacto con el distribuidor con quien se adquirió el producto.

Entonces, una vez implementado el sistema del sensor de humedad, es necesario realizar un seguimiento del proceso, para ello se propone establecer un formato de control del porcentaje de humedad, tal como se muestra en tabla 33, donde se registrará e identificará las variaciones de humedad constantes de la mezcla de arcilla y arena para la fabricación de ladrillos. Cabe recalcar que la empresa en estudio considera un porcentaje de humedad de la mezcla de entre el 14 al 20 % para su correcto moldeo.

Finalmente, es necesario establecer un procedimiento para que el proceso de amasado se realice de una manera eficiente.

A continuación, se muestra una tabla 32 con los procedimientos detallados para la ejecución del proceso de amasado.

Tabla 32. Procedimiento del proceso de amasado

PROCEDIMIENTO DE AMASADO			
El procedimiento de amasado consiste en el mezclado íntimo con agua de las materias primas de la composición de la pasta, para obtener una masa plástica moldeable por extrusión			
Responsable:	Jefe de producción	Personal involucrado:	Operario del área
Lugar: Área de amasado		Equipos: Amasadora	
Hecho por:	Fecha:	Aprobado por:	Fecha:
N°	Procedimiento		
1	El operario enciende la máquina amasadora y verifica que a su vez los sensores también se encuentren encendidos. Además, revisa el sistema de control de los sensores.		
2	El operario debe estar cerca al área de amasado con la finalidad de que cuando el sensor se detenga por que la mezcla no se encuentra dentro de los parámetros de humedad establecidos, este sea capaz de proporcionar el agua suficiente para cubrir dichos parámetros.		
3	Una vez suministrada la cantidad de agua correspondiente, el operario pone en marcha nuevamente la máquina.		
4	El operario debe llenar un registro al final del día, donde haga mención de la cantidad de agua suministrada durante día. (Ver tabla 33)		

- **Amasadora**

$$MTBF \text{ motor} = \frac{12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 24 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}}{2 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = \frac{6\,912 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{2 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = 3\,456 \frac{\text{hrs}}{\text{fallas}} \cong 144 \frac{\text{días}}{\text{fallas}}$$

$$MTBF \text{ palas princ.} = \frac{12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 24 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}}{3 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = \frac{6\,912 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{3 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = 2\,304 \frac{\text{hrs}}{\text{fallas}} \cong 96 \frac{\text{días}}{\text{fallas}}$$

- **Extrusora**

$$MTBF \text{ motor} = \frac{12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 24 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}}{4 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = \frac{6\,912 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{4 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = 1\,728 \frac{\text{hrs}}{\text{fallas}} \cong 72 \frac{\text{días}}{\text{fallas}}$$

$$MTBF \text{ c. de engranaje} = \frac{12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 24 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}}{4 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = \frac{6\,912 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{4 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = 1\,728 \frac{\text{hrs}}{\text{fallas}} \cong 72 \frac{\text{días}}{\text{fallas}}$$

$$MTBF \text{ palas hexag.} = \frac{12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 24 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}}{4 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = \frac{6\,912 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{4 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = 1\,728 \frac{\text{hrs}}{\text{fallas}} \cong 72 \frac{\text{días}}{\text{fallas}}$$

- **Mezcladora**

$$MTBF \text{ motor} = \frac{12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 24 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}}{2 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = \frac{6\,912 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{2 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = 3\,456 \frac{\text{hrs}}{\text{fallas}} \cong 144 \frac{\text{días}}{\text{fallas}}$$

$$MTBF \text{ paletas} = \frac{12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 24 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}}{2 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = \frac{6\,912 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{2 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = 3\,456 \frac{\text{hrs}}{\text{fallas}} \cong 144 \frac{\text{días}}{\text{fallas}}$$

$$MTBF \text{ chumaceras} = \frac{12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 24 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}}{3 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = \frac{6\,912 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{3 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = 2\,304 \frac{\text{hrs}}{\text{fallas}} \cong 96 \frac{\text{días}}{\text{fallas}}$$

$$MTBF \text{ faja princ.} = \frac{12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 24 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}}{2 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = \frac{6\,912 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{2 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = 3\,456 \frac{\text{hrs}}{\text{fallas}} \cong 144 \frac{\text{días}}{\text{fallas}}$$

- **Cortadora**

$$MTBF \text{ hilos} = \frac{12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 24 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}}{15 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = \frac{6\,912 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{15 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = 460,8 \frac{\text{hrs}}{\text{fallas}} \cong 19 \frac{\text{días}}{\text{fallas}}$$

- **Mesa de automatismo**

$$MTBF \text{ sensor} = \frac{12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 24 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}}{1 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = \frac{6\,912 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{1 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = 6\,912 \frac{\text{hrs}}{\text{fallas}} \cong 288 \frac{\text{días}}{\text{fallas}}$$

- **Secadero**

$$MTBF \text{ motor} = \frac{12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 24 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}}{2 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = \frac{6\,912 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{2 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = 3\,456 \frac{\text{hrs}}{\text{fallas}} \cong 144 \frac{\text{días}}{\text{fallas}}$$

$$MTBF \text{ rod. de riel} = \frac{12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 24 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}}{3 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = \frac{6\,912 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{3 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = 2\,304 \frac{\text{hrs}}{\text{fallas}} \cong 96 \frac{\text{días}}{\text{falla}}$$

$$MTBF \text{ ventilador} = \frac{12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 24 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}}{2 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = \frac{6\,912 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{2 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = 3\,456 \frac{\text{hrs}}{\text{fallas}} \cong 144 \frac{\text{días}}{\text{falla}}$$

- **Horno**

$$MTBF \text{ sum. de gas} = \frac{12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 24 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}}{2 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = \frac{6\,912 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{2 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = 3\,456 \frac{\text{hrs}}{\text{fallas}} \cong 144 \frac{\text{días}}{\text{falla}}$$

$$MTBF \text{ sensor} = \frac{12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 24 \frac{\text{hrs}}{\text{día}}}{3 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = \frac{6\,912 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{3 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}} = 2\,304 \frac{\text{hrs}}{\text{fallas}} \cong 96 \frac{\text{días}}{\text{falla}}$$

Este cálculo nos indica el periodo cada cuánto determinada máquina presentará cierta falla, por lo que el mantenimiento preventivo deberá ser programado antes de lo estimado con la única finalidad de evitar las consecuencias que estas traerían consigo.

Además, ante las fallas más frecuentes identificadas por cada máquina es necesario proponer algunas acciones para prever los problemas que pueda tener dicha máquina, corregirlos en el momento oportuno y mantener la maquinaria en el punto óptimo de funcionamiento y eficiencia, así como se muestra en la tabla 34:

Tabla 34. Acciones de prevención ante las fallas

Equipo	Componente	Falla	Propuesta de solución
Extrusora	Motor	Sobrecarga	Verificar tensión motor
	Caja de engranajes	Sobrecarga de rodamientos	Cambio de rodamientos
Mesa de automatismo	Sensor	No detecta ladrillos	Cambio de sensor
Cortadora	Hilos	Ruptura de hilos de corte	Cambio de hilo
Mezcladora	Chumaceras	Recalienta por falta de lubricación	Engrasar
	Motor	Sobrecarga	Verificar tensión motor
	Paletas	Deterioradas	Reemplazarlas
Secadero	Motor	Sobrecarga de motor	Verificar tensión motor
	Rodamiento riel	Recalienta por falta de lubricación	Engrasar
	Ventilador	Desgaste de paletas	Cambio de paletas
Horno	Sensor	Detecta mal la temperatura	Calibración de sensor
	Suministro de gas	Quemador no enciende	Verificar suministro de gas
Cargador frontal	Batería	No arranca el cargador	Cambio de batería

Una vez calculados los tiempos medios entre fallas de las diversas máquinas y plasmadas las propuestas de solución, se puede concluir nuestro plan de mantenimiento preventivo plasmado en el siguiente diagrama de gantt, donde se mostrarán los nuevos plazos establecidos de mantenimiento que ayudarán a disminuir retrasos por alguna falla de máquina y permitirá trabajar de una manera continua y eficiente.

Tabla 35. Plan de Mantenimiento preventivo

ACTIVIDAD	Frecuencia de mantenimiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Mantenimiento del motor del mezclador	Cada 5 meses	■					■					■	
Reemplazarlas paletas del mezclador	Cada 5 meses	■					■					■	
Engrasar chumaceras del mezclador	Cada 3 meses	■			■			■			■		
Cambio de faja principal del mezclador	Cada 5 meses	■					■					■	
Mantenimiento del motor de la amasadora	Cada 5 meses	■					■					■	
Reemplazar palas principales de la amasadora	Cada 3 meses	■			■			■			■		
Mantenimiento del motor de la extrusora	Cada 2 meses	■		■		■		■		■		■	
Cambio de palas hexagonales de la extrusora	Cada 2 meses	■		■		■		■		■		■	
Cambio de rodamientos de la extrusora	Cada 2 meses	■		■		■		■		■		■	
Cambio de hilo de la cortadora	Cada mes	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Cambio de sensor de la mesa de automatismo	Cada 11 meses	■											■
Mantenimiento del motor del secadero	Cada 5 meses	■					■					■	
Engrasar rodamiento de riel del secadero	Cada 3 meses	■			■			■			■		
Cambio de paletas del ventilador del secadero	Cada 5 meses	■					■					■	
Calibración de sensor del horno	Cada 3 meses	■			■			■			■		
Cambio de mangueras de suministro de gas	Cada 5 meses	■					■					■	

Para hallar el costo que demandará realizar un mantenimiento preventivo en Cerámicos DETT S.A.C. es necesario realizar una lista de componentes necesarios según el diagrama propuesto con su precio respectivo y el costo por mano de obra, datos obtenidos a partir de investigaciones en mantenimiento para la línea de producción en una ladrillera. (Ver tabla 36 y 37)

Tabla 36. Costo de componentes de máquinas por mantenimiento preventivo al año

Componente	Elementos	Costo por unidad (soles)	Costo total (soles)
Paletas para la mezcladora	3	130	390
Aceite	4	20	80
Faja principal	3	1 200	3 600
Palas hexagonales para la extrusora	6	115	690
Rodamientos para la extrusora	6	110,5	663
Hilos para la cortadora	12	12,5	150
Sensor de mesa de automatismo	2	48	96
Paletas de ventilador	3	120	360
Mangueras de suministro de gas	3	8.5	25.5
Palas principales de la amasadora	4	125,5	502
Total			6 556,5

Tabla 37. Costo de mano de obra por mantenimiento preventivo al año

Mes	Componente	Horas paradas	Costo mano de obra por técnico (soles)	Costo de mano de obra por 3 técnicos (soles)	Costo de hora por operario (soles)	Costo de hora por 16 operarios (soles)
Enero	Faja principal de mezcladora	0,6	6,25	18,75	6,25	100
	Motor de mezcladora	1,2	12,5	37,5	12,5	200
	Chumaceras de mezcladora	1,2	12,5	37,5	12,5	200
	Paletas de mezcladora	0,6	6,25	18,75	6,25	100
	Motor de amasadora	1,5	15,63	46,875	15,63	250
	Palas principales de amasadora	1,8	18,75	56,25	18,75	300
	Palas hexagonales de extrusora	0,3	3,125	9,375	3,125	50
	Motor de extrusora	1,2	12,5	37,5	12,5	200
	Rodamientos de extrusora	0,3	3,125	9,375	3,125	50
	Hilos de cortadora	0,6	6,25	18,75	6,25	100
	Sensor de mesa de automatismo	1,2	12,5	37,5	12,5	200
	Rodamiento de riel del secador	0,6	6,25	18,75	6,25	100
	Paletas de ventilador del secador	1,8	18,75	56,25	18,75	300
	Motor del secador	1,8	18,75	56,25	18,75	300
	Sensor de temperatura del horno	1,2	12,5	37,5	12,5	200
	Suministro de gas del horno	3	31,25	93,75	31,25	500
Febrero	Hilos de cortadora	0,6	6,25	18,75	6,25	100
Marzo	Palas hexagonales de extrusora	0,3	3,125	9,375	3,125	50
	Motor de extrusora	1,2	12,5	37,5	12,5	200
	Rodamientos de extrusora	0,3	3,125	9,375	3,125	50
	Hilos de	0,6	6,25	18,75	6,25	100

	cortadora					
Abril	Chumaceras de mezcladora	1,2	12,5	37,5	12,5	200
	Palas principales de amasadora	1,8	18,75	56,25	18,75	300
	Hilos de cortadora	0,6	6,25	18,75	6,25	100
	Rodamiento de riel del secador	0,6	6,25	18,75	6,25	100
	Sensor de temperatura del horno	1,2	12,5	37,5	12,5	200
Mayo	Palas hexagonales de extrusora	0,3	3,125	9,375	3,125	50
	Motor de extrusora	1,2	12,5	37,5	12,5	200
	Rodamientos de extrusora	0,3	3,125	9,375	3,125	50
	Hilos de cortadora	0,6	6,25	18,75	6,25	100
Junio	Faja principal de mezcladora	0,6	6,25	18,75	6,25	100
	Motor de mezcladora	1,2	12,5	37,5	12,5	200
	Paletas de mezcladora	0,6	6,25	18,75	6,25	100
	Motor de amasadora	1,5	15,63	46,875	15,63	250
	Hilos de cortadora	0,6	6,25	18,75	6,25	100
	Paletas de ventilador del secador	1,8	18,75	56,25	18,75	300
	Motor del secador	1,8	18,75	56,25	18,75	300
	Suministro de gas del horno	3	31,25	93,75	31,25	500
Julio	Chumaceras de mezcladora	1,2	12,5	37,5	12,5	200
	Palas principales de amasadora	1,8	18,75	56,25	18,75	300
	Palas hexagonales de extrusora	0,3	3,125	9,375	3,125	50
	Motor de extrusora	1,2	12,5	37,5	12,5	200
	Rodamientos de extrusora	0,3	3,125	9,375	3,125	50
	Hilos de cortadora	0,6	6,25	18,75	6,25	100
	Rodamiento de riel del secador	0,6	6,25	18,75	6,25	100
	Sensor de	1,2	12,5	37,5	12,5	200

	temperatura del horno					
Agosto	Hilos de cortadora	0,6	6,25	18,75	6,25	100
Septiembre	Palas hexagonales de extrusora	0,3	3,125	9,375	3,125	50
	Motor de extrusora	1,2	12,5	37,5	12,5	200
	Rodamientos de extrusora	0,3	3,125	9,375	3,125	50
	Hilos de cortadora	0,6	6,25	18,75	6,25	100
	Chumaceras de mezcladora	1,2	12,5	37,5	12,5	200
Octubre	Palas principales de amasadora	1,8	18,75	56,25	18,75	300
	Hilos de cortadora	0,6	6,25	18,75	6,25	100
	Rodamiento de riel del secador	0,6	6,25	18,75	6,25	100
	Sensor de temperatura del horno	1,2	12,5	37,5	12,5	200
	Faja principal de mezcladora	0,6	6,25	18,75	6,25	100
Noviembre	Motor de mezcladora	1,2	12,5	37,5	12,5	200
	Paletas de mezcladora	0,6	6,25	18,75	6,25	100
	Motor de amasadora	1,5	15,63	46,875	15,63	250
	Hilos de cortadora	0,6	6,25	18,75	6,25	100
	Paletas de ventilador del secador	1,8	18,75	56,25	18,75	300
	Motor del secador	1,8	18,75	56,25	18,75	300
	Suministro de gas del horno	3	31,25	93,75	31,25	500
	Palas hexagonales de extrusora	0,3	3,125	9,375	3,125	50
	Motor de extrusora	1,2	12,5	37,5	12,5	200
	Rodamientos de extrusora	0,3	3,125	9,375	3,125	50
	Hilos de cortadora	0,6	6,25	18,75	6,25	100
Diciembre	Sensor de mesa de automatismo	1,2	12,5	37,5	12,5	200
	Total	71,1	740,625	2 221,875	740,625	118 50

Finalmente, se tiene una suma total equivalente al costo total para la realización de un mantenimiento preventivo en un año asciende a S/ 20 628,38.

✓ **Mejora 5: Plan de capacitaciones**

Esta propuesta se plantea con el objetivo de contar con un personal calificado para operar y lograr una mejor productividad del proceso, sin exceso de mermas. El desarrollo del programa de capacitación permitirá incrementar el desarrollo del personal involucrado y aumentar los índices productivos de la empresa.

La siguiente tabla muestra los cursos que Cerámicos DETT S.A.C. deberá considerar para la realización del programa de capacitación con relación a las distintas necesidades del personal en planta identificadas actualmente.

Cabe mencionar que, las capacitaciones y talleres que se proponen serán dictados por un profesional externo a la empresa en investigación.

Tabla 38. Programa de capacitación dirigida al personal de Cerámicos DETT S.A.C

RESPONSABLE	DIRIGIDO A	CURSO A RECIBIR	TIPO DE CAPACITACIÓN	DURACIÓN (h)
Grupo DASARO	Personal de producción	Seguridad Industrial basado en la Identificación y prevención de riesgos	Teórica / práctica	4
RBC group	Todo el personal de la empresa	Clima laboral y motivación personal	Teórica/práctica	3
RBC group	Todo el personal de la empresa	Comunicación efectiva	Teórica/práctica	3
Grupo DASARO	Personal de producción	Herramientas de calidad	Teórica / práctica	4

Una vez establecidos los responsables, los temas y la duración de cada capacitación, se procede a realizar el cronograma en función a un año, indicando las fechas en las que estas capacitaciones podrían ser dictadas. (Ver tabla 39)

Para ello es importante considerar la capacitación al personal para que le ayude a comprender la importancia de lo que realizan y mejoren en sus puestos de trabajo.

Tabla 39. Plan anual de capacitaciones

N° de capacitación	Temas	Duración	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	Seguridad Industrial	2 días				
2	Clima laboral y motivación personal	1 día				
3	Herramientas de calidad	2 días				
4	Comunicación efectiva	1 día				

Con este plan de capacitación se pretende llevar a cabo cada dos años con el fin de mantener al trabajador empapado de cosas nuevas en cuanto a maquinaria, modos de manejar una máquina y mejora a su desempeño diario, además de tener conocimientos sobre parámetros de trabajo así como la temperatura, humedad, etc., sirviendo como herramienta de uso diario para que el operario pueda identificar como está realizando su trabajo.

Teniendo en cuenta el número de capacitaciones al año, las horas de duración y el periodo en la que serán dictadas, en la tabla x se halla el costo total por capacitación. Cabe resaltar que, las empresas elegidas como responsables de cada capacitación no pertenecen a la misma zona donde se encuentra ubicada la empresa en estudio, razón por la cual en el cálculo del costo de capacitaciones incluyen los costos de viáticos.

Tabla 40. Costo por capacitación al personal

Capacitación en:	Costo (soles)
Seguridad Industrial	5 000
Clima laboral y motivación personal	4 000
Herramientas de calidad	5 000
Comunicación efectiva	4 000
Total	18 000

Fuente: Grupo DASARO

✓ **Mejora 6: Estandarizar tiempos**

A partir del estudio de tiempos realizado en la empresa en estudio y evidenciado en la tabla 14, donde se hallaron los tiempos promedios de cada actividad realizada, se procede a calcular los factores de calificación correspondientes para cada actividad donde interviene la mano de obra del operario, este cálculo se obtiene a través de la aplicación del sistema de Westinghouse mostrado en el anexo 01. El resultado es el siguiente:

Tabla 41. Cálculo del factor de calificación por actividad

Actividad	Factor de calificación
Llenado de tolva de recepción de MP	0,58
Amasado	0,58
Formado de ladrillos	1,08
Corte del ladrillo	1,08
Carga de ladrillos a estanterías	1,08
Transporte manual de estanterías hacia el área de secado	1,08
Secado de ladrillos	1,08
Transporte manual de ladrillos secos hacia el área de armado de vagón	1,08
Armado de vagones	1,08
Transporte manual de vagones hacia el horno	0,7
Cocción de ladrillos	0,7
Transporte manual de ladrillos hacia el almacén de producto terminado	0,7

Una vez hallado el factor de calificación para cada tarea, se procede a calcular el tiempo normal que es simplemente el resultado de la multiplicación del tiempo promedio por el factor de calificación como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 42. Cálculo del tiempo normal por actividad

Actividad	Tiempo promedio (m)	Factor de calificación	Tiempo normal (m)
Llenado de tolva de recepción de MP	17,1	0,58	9,9
Amasado	17,2	0,58	10
Formado de ladrillos	15,8	1,08	17,1
Corte del ladrillo	7,6	1,08	8,2
Carga de ladrillos a estanterías	7,8	1,08	8,4
Transporte manual de estanterías hacia el área de secado	12,3	1,08	13,3
Secado de ladrillos	117,5	1,08	126,9
Transporte manual de ladrillos secos hacia el área de armado de vagón	12,62	1,08	13,6
Armado de vagones	12,6	1,08	13,6
Transporte manual de vagones hacia el horno	12,97	0,7	9,1
Cocción de ladrillos	95,6	0,7	66,9
Transporte manual de ladrillos hacia el almacén de producto terminado	5,6	0,7	3,9

Ahora, para determinar el tiempo estándar es necesario contar con cierto valor porcentual de tolerancia por cada actividad, este valor varía según indica una tabla de suplementos presentada en el anexo 02 dada por la Organización Internacional del Trabajo, De este modo, es posible hallar el tiempo estándar con el uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo promedio} * \text{Factor de calificación} * (1 + \% \text{Tolerancia})$$

A continuación, se presenta la tabla con los porcentajes de tolerancia definidos para cada actividad:

Tabla 43. Valor porcentual de suplementos por actividad

Actividad	Valor porcentual de suplementos (%)
Llenado de tolva de recepción de MP	15%
Amasado	15%
Formado de ladrillos	11%
Corte del ladrillo	11%
Carga de ladrillos a estanterías	11%
Transporte manual de estanterías hacia el área de secado	11%
Secado de ladrillos	15%
Transporte manual de ladrillos secos hacia el área de armado de vagón	11%
Armado de vagones	11%
Transporte manual de vagones hacia el horno	11%
Cocción de ladrillos	15%
Transporte manual de ladrillos hacia el almacén de producto terminado	11%

Como se puede apreciar en la mayoría de actividades realizadas en el proceso productivo de la presente investigación se le asigna un porcentaje de 11%, esto debido a que se tomó en consideración suplementos como necesidades personales con un valor de 5%; por fatiga con un valor de 4% y por ser un trabajo que se realiza de pie un valor de 2%, cabe mencionar que el personal de producción únicamente son varones.

Por otro lado, también se obtienen valores mayores en ciertas actividades como es el caso del llenado de tolva de recepción de materia prima, amasado, el control del secado y el control de cocción de los ladrillos con 15%, actividades que son realizan con mayor precisión y exigen una mayor tensión mental por ser procesos muy complejos e intervenir temperaturas altas a tiempos definidos, como es el caso del operario en interacción con el horno.

Teniendo determinados todos los valores requeridos para el uso de la fórmula de tiempo estándar se procede a calcular uno a uno respectivamente, obteniendo como resultado:

Tabla 44. Tiempos estándar por actividad

Actividad	Tiempo estándar (min)
Llenado de tolva de recepción de MP	11,41
Amasado	11,47
Formado de ladrillos	18,94
Corte del ladrillo	9,11
Carga de ladrillos a estanterías	9,35
Transporte manual de estanterías hacia el área de secado	14,75
Secado de ladrillos	145,94
Transporte manual de ladrillos secos hacia el área de armado de vagón	15,13
Armado de vagones	15,1
Transporte manual de vagones hacia el horno	10,08
Cocción de ladrillos	76,96
Transporte manual de ladrillos hacia el almacén de producto terminado	4,35
Total	342,58

En la tabla 44 se evidencia los nuevos tiempos estandarizados con un total de 342,58 minutos en las operaciones y transportes realizados con la intervención de mano de obra para el proceso productivo de 17 t entre arcilla y arena para la fabricación de ladrillos, lo que demostraría una notable disminución de tiempo con respecto al tiempo promedio actual, esto significa que se logró eliminar los tiempos improductivos y optimizar los tiempos eficientes, logrando así nuevos indicadores como el costo de mano de obra, costo total de producción, determinación de precio de venta y determinación de plazos de entrega del pedido.

✓ **Mejora 7: Redistribución de planta**

En base a la distribución de planta actual de Cerámicos DETT S.A.C., se logró determinar todas las áreas necesarias para la nueva distribución, estas son:

Tabla 45. Áreas en la empresa Cerámicos DETT S.A.C.

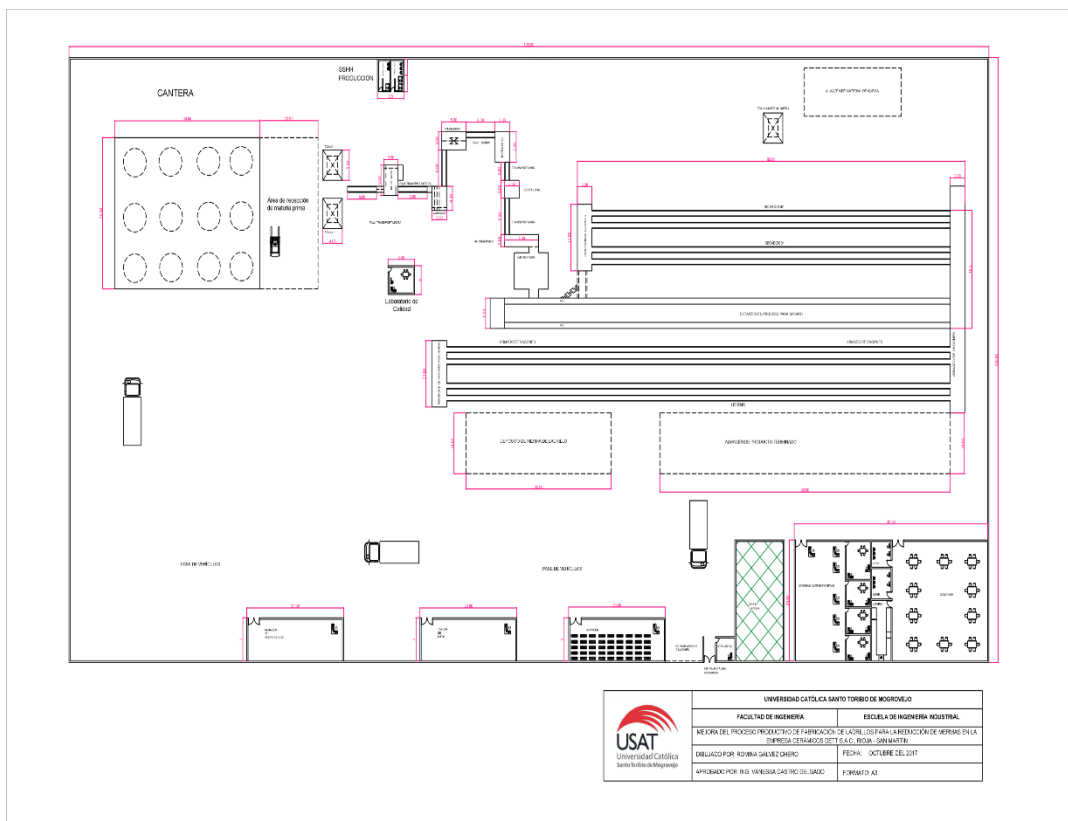
Cerámicos DETT S.A.C.	
Áreas actuales	Servicios higiénicos administrativos
	Cantera
	Vigilancia
	Oficinas administrativas
	Cocina comedor
	Cantera
	Área de recepción de materia prima
	Área de mezclado
	Área de laminado
	Área de amasado
	Área de extrusión
	Área de corte
	Área de orden de ladrillos mediante automatismo
	Área de secado
	Área de armado de vagones
	Área de horno
	Almacén de producto terminado
	Área de mantenimiento
Estacionamiento y parqueo	
Áreas propuestas	Área de desperdicios
	Servicios higiénicos en producción
	Área de control de calidad

A continuación, en la tabla 46 se presenta la matriz de relaciones entre áreas:

Tabla 46. Matriz de relación entre los departamentos de Cerámicos DETT S.A.C.

	Servicios higiénicos de administración	Vigilancia	Oficinas administrativas	Cocina comedor	Cantera	Área de recepción de materia prima	Área de mezclado	Área de laminado	Área de amasado	Área de extrusión	Área de cortado	Área de orden de ladrillo a través de automatismo	Área de secado	Área de armado de vagonos	Área de cocción	Área de enfriam.	Almacén de producto terminado	Área de mant.	Área de desperd.	Servicios higiénicos producción	Área de control de calidad	Área de parqueo
Servicios higiénicos de administración	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vigilancia	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oficinas administrativas	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cocina comedor	E	U	E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cantera	U	U	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área de recepción de materia prima	X	U	X	X	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área de mezclado	X	U	X	X	I	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área de laminado	X	U	X	X	O	I	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área de amasado	X	U	X	X	U	O	I	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área de extrusión	X	U	X	X	U	U	O	I	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área de cortado	X	U	X	X	U	U	U	O	I	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área de orden de ladrillo a través de automatismo	X	U	X	X	U	U	U	U	O	I	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área de secado	X	U	X	X	U	U	U	U	U	O	I	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área de armado de vagonos	X	U	X	X	U	U	U	U	U	U	O	I	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área de cocción	X	U	X	X	U	U	U	U	U	U	U	U	I	A	-	-	-	-	-	-	-	-
Área de enfriamiento	X	U	X	X	U	U	U	U	U	U	U	U	U	I	A	-	-	-	-	-	-	-
Almacén de producto terminado	X	U	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	U	U	I	A	-	-	-	-	-	-
Área de mantenimiento	X	U	X	X	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	-	-	-	-	-
Área de desperdicios	X	U	X	X	U	U	U	U	U	U	U	U	O	O	O	O	I	U	-	-	-	-
Servicios higiénicos producción	U	U	X	X	U	I	I	I	I	I	I	U	U	U	U	U	U	U	U	-	-	-
Área de control de calidad	U	U	X	X	U	A	I	I	I	I	I	I	U	U	U	U	O	U	U	X	-	-
Área de parqueo	U	A	O	X	I	A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	U	U	X	X	-

Código	Proximidad
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Conveniente
U	Indiferente
X	No recomendable



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MÓRQUEVO	
FACULTAD DE INGENIERÍA	ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
MEDIDA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE FARMACOS DE LABORIOS PARA LA REDUCCIÓN DE VIBRACIONES EN LA EMPRESA "FARMACOS DIT" S.A.S. - BOGOTÁ - COLOMBIA	
DISEÑADO POR: ROMÁN GÁLVEZ GARCÍA	FECHA: OCTUBRE DEL 2017
APROBADO POR: ROSA VENEZIA CASTRICELI GARCÍA	FIRMADO: AG

Figura 20. Distribución de planta propuesta

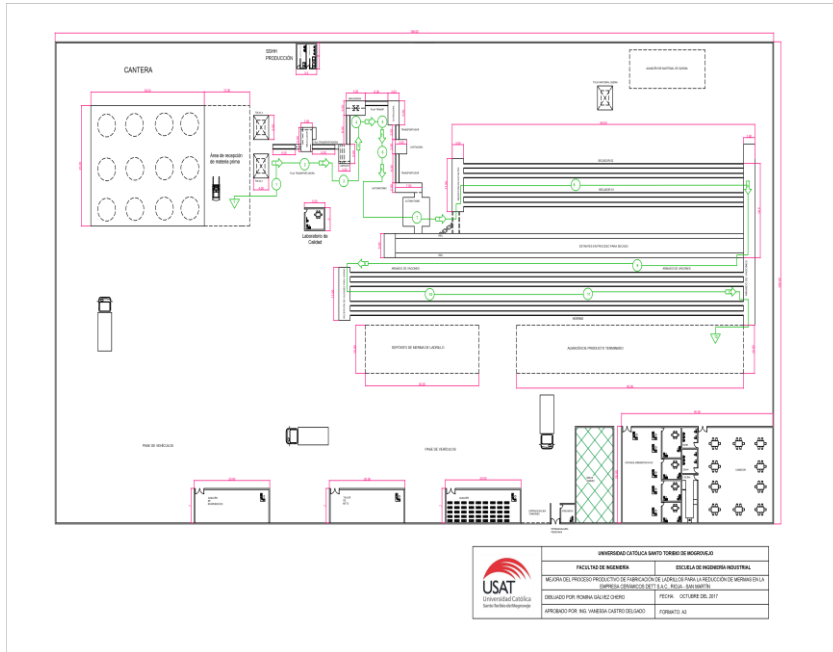


Figura 21. Diagrama de recorrido propuesto

Con la nueva distribución de planta se presenta la tabla 47 con los nuevos tiempos y distancias entre áreas:

Tabla 47. Nuevas distancias y tiempos de transportes

Descripción de transporte	Distancia (m)	Tiempo (min)
Transporte de MP a tolva de recepción mediante cargador frontal	12	13,68
Transporte de la MP hacia la máquina mezcladora por fajas transportadoras	6	6,45
Transporte de la mezcla hacia su laminado por fajas transportadoras	6	5,6
Transporte de la mezcla laminada a la amasadora mediante fajas transportadores	6	4,37
Transporte de la masa cerámica plástica hacia la extrusora por fajas transportadoras	6	5,07
Transporte del ladrillo formado hacia la cortadora mediante faja de rodillos	3	3,68
Transporte de ladrillos cortados hacia mesa de automatismo	6	7,92
Transporte de estanterías manualmente hacia el área de secado	14,5	12,3
Transporte manual de ladrillos secos hacia el área de armado de vagón	20	12,62
Transporte manual de vagones hacia el horno	11	3
Transporte manual de ladrillos hacia el Almacén de Producto Terminado	10	5,6
Total	100,5	80,14

Al comparar la tabla 26 y la tabla 47 se puede evidenciar que existe una disminución de distancias entre áreas y tiempos, con una diferencia de 49 metros y 20,42 minutos respectivamente, lo que en producción de ladrillos equivale a:

$$\text{Ladrillos no producidos por act, improductivas} = 2\,255 \frac{\text{ladrillos}}{\text{hr}} * 0,34 \text{ hrs}$$

$$\text{Ladrillos no producidos por act, improductivas} = 767 \text{ ladrillos}$$

Esto significa que actualmente Cerámicos DETT deja de producir 767 ladrillos en función a una producción de 17 toneladas por actividades no productivas en el proceso, unidades de ladrillos que al multiplicarse por su costo de producción representa el monto en soles que la empresa en estudio deja de percibir, tal como se muestra a continuación:

$$\text{Utilidad no percibida por act, improductivas} = 767 \text{ ladrillos} * 0,38 \frac{\text{soles}}{\text{ladrillo}}$$

$$\text{Utilidad no percibida por act, improductivas} = 291,46 \text{ soles}$$

Este resultado indica que bajo la nueva distribución de planta, Cerámicos DETT podrá percibir S/ 291,46 de más por cada 17 toneladas de materia prima procesada,

Por otro lado, se vio conveniente la implementación de tres áreas nuevas dentro de la empresa, consideradas necesarias e importantes y que hoy en día Cerámicos DETT carece, estas son: área de control y calidad, servicios higiénicos del área de producción y el área de desperdicios, Las dimensiones propuestas para cada área son de 5,5 m x 5 m para control y calidad, 5 m x 5,5 m para los servicios higiénicos de producción para damas y caballeros, y el almacén de desperdicios con 20 m x 7 m.

Finalmente, mediante la consulta de un Ingeniero Civil se logró costear la inversión necesaria para la construcción de las tres áreas nuevas ya mencionadas, este monto suma un total de S/ 163 343,93.

3.4.2 Nuevos Indicadores de Producción y Productividad

a) Producción

Después de las propuestas de mejora que tienen como objetivo reducir el porcentaje de mermas que presenta actualmente Cerámicos DETT, para el cálculo de nuestros nuevos indicadores se presentan dos escenarios, uno pesimista con un 10% de mermas y el optimista con un 20%, lo que significa que en caso promedio tendríamos una reducción de mermas de un 15% de la producción de ladrillos, dato en base al cual se calcularán los siguientes indicadores.

En la tabla 48 se puede apreciar que las mermas disminuyeron a un total de 2 337 972 unidades, lo que significa también que la producción a venta aumentó con un total de 13 248 550 unidades de ladrillos pandereta, lo cual representa un 85% de producción total que va directamente al cliente, generando mayores ingresos para la empresa en investigación.

Tabla 48. Producción mensual con un 15% de mermas

Mes	Producción Total (unid.)	Producción a venta (unid.)	Mermas (unid.)	% Mermas
Enero	1 260 425	1 071 362	189 063	15%
Febrero	1 281 265	1 089 086	192 189	15%
Marzo	1 265 520	1 075 692	189 828	15%
Abril	1 265 921	1 076 033	189 888	15%
Mayo	1 302 345	1 106 994	195 351	15%
Junio	1 311 065	1 114 406	196 659	15%
Julio	1 325 221	1 126 438	198 783	15%
Agosto	1 313 670	1 116 620	197 050	15%
Septiembre	1 306 311	1 110 365	195 946	15%
Octubre	1 318 956	1 121 113	197 843	15%
Noviembre	1 311 591	1 114 853	196 738	15%
Diciembre	1 324 232	1 125 598	198 634	15%
Total	15 586 522	13 248 550	2 337 972	15%

b) Productividad

- **Productividad de Materiales**

Debido a que la producción total no se vio alterada, el consumo total de materia prima en toneladas de arcilla roja y arena para la producción de ladrillos tampoco se vio afectado, es decir 50 656,20 toneladas para producir ladrillos pandereta.

Por lo que la relación entre cantidad producida y cantidad de materia prima por lo que tomando en cuenta el dato de producción de la tabla 48 y la tabla 16 se tiene que:

$$\text{Productividad de Materiales: } \frac{13\,248\,550 \frac{\text{ladrillos}}{\text{año}}}{50\,656,20 \frac{\text{toneladas de MP}}{\text{año}}}$$

$$\text{Productividad de Materiales: } 261,54 \frac{\text{ladrillos}}{\text{toneladas de MP}}$$

La interpretación al indicador anterior es que por cada tonelada de materia prima que ingresa al proceso, se obtienen 261 ladrillos de tipo pandereta.

- **Productividad de Mano de Obra**

Para el cálculo de este indicador es necesario conocer la cantidad de producción anual y el número de trabajadores involucrados netamente en el área de producción, cabe mencionar que una de nuestras propuestas de mejora se basa en la creación de un nuevo puesto, el cual es el de recolección de materia prima por medio de una pala, donde será necesario la presencia de dos nuevos operarios, para cubrir la necesidad que requiere Cerámicos DETT S.A.C. en los dos turnos al día.

Tabla 49. Nuevos puestos de trabajo en el área de producción

Puesto de trabajo	Número de personal (hombre/turno día)	Número de personal (hombre/turno noche)	Horas trabajadas al año* por operario (h-op./año)	Total de horas trabajadas al año (h/año)
Carga de materia prima a tolva de recepción mediante cargador frontal	1	1	3 456	6 912
Recolección de materia prima por medio de una pala	1	1	3 456	6 912
Amasado	1	1	3 456	6 912
Moldeado y Cortado	1	1	3 456	6 912
Automatismo de carga de ladrillo en crudo	1	1	3 456	6 912
Transporte a Área de Secado	2	2	3 456	13 824
Controlador del Secado	1	1	3 456	6 912
Armado de vagones	3	4	3 456	24 192
Transporte del área de Armado a Horno	3	4	3 456	24 192
Control cámara horno	1	1	3 456	6 912
Transporte de ladrillo a almacén	2	2	3 456	13 824
Total	17	19	38 016	124 416

En la tabla 49 se lista los puestos de trabajo, la cantidad de colaboradores y el total de horas-hombre trabajadas. Como se detalló en el marco teórico, la productividad de mano de obra es la relación entre la cantidad de producción al año y el número de operarios que intervienen en dicha producción, por lo que:

$$P_{\text{mano de obra}} = \frac{13\ 248\ 550 \text{ unidades/año}}{36 \text{ hombres}}$$

$$P_{\text{mano de obra}} = 368\ 015 \frac{\text{unidades}}{\text{hombre. año}}$$

El indicador calculado significa que cada operario produce al año 368 015 ladrillos pandereta.

c) Eficiencia

• Eficiencia Física

El nuevo indicador de eficiencia se halla mediante la división de las nuevas salidas y las entradas que es la manera prima que ingresa para realizar dicha producción, el resultado representa el porcentaje que está siendo aprovechado por tonelada de materia prima.

$$Efísica = \frac{37\,095,94 \text{ toneladas}}{50\,656,20 \text{ toneladas}}$$

$$Efísica = 0,7323 \cong 73,23\%$$

El indicador calculado significa que por cada tonelada de materia prima que ingresa al proceso sólo se aprovecha el 73,23%, siendo el 26,77% restante la pérdida o merma de la materia prima utilizada.

• Eficiencia Económica

Para calcular la eficiencia económica se procedió a calcular las ventas, que es la multiplicación de la cantidad de producto puesto hacia el cliente por el precio de venta, Conociendo que el precio por ladrillo es de 0,63 soles y que el costo de producción por ladrillo tiene un valor de 0,25 soles, se tiene que:

$$Eeconómica = \frac{13\,248\,550 \text{ ladrillos} * 0,63 \text{ soles/ladrillo}}{15\,586\,522 \text{ ladrillos} * 0,25 \text{ soles/ladrillo}}$$

$$Eeconómica = \frac{8\,346\,586,5 \text{ soles}}{3\,896\,630,5 \text{ soles}}$$

$$Eeconómica = 2,14$$

El indicador calculado significa que por cada sol invertido la empresa está ganando 1,14 soles, La organización tiene el potencial para obtener una mayor eficiencia económica solo si mejora sus procesos y reduce sus mermas, lo cual es uno de los fines de la presente investigación.

A continuación se presenta el resumen de los nuevos indicadores de productividad en la empresa Cerámicos DETT S.A.C. después de aplicadas las mejoras:

Tabla 50. Resumen de los Nuevos Indicadores

Indicador con propuesta de mejora	Valor
Producción total anual	15 586 522 ladrillos
Producción total a venta	13 248 550 ladrillos
Merma anual	2 337 972 ladrillos
Impacto económico	888 429,36 soles
Porcentaje anual de mermas	10 al 20%, con un promedio de 15%.
Productividad de materiales	261,54 ladrillos / tonelada de materia prima
Productividad de mano de obra	368 015 unidades / hombre.año
Eficiencia física	73,23 %
Eficiencia económica	2,14

3.4.3 Cuadro Comparativo de Indicadores

En base a los datos calculados anteriormente y mostrados en la tabla 18 y la tabla 50, se presenta el siguiente cuadro comparativo de indicadores con su variación antes y después de la mejora.

Tabla 51. Cuadro comparativo de indicadores

Indicador	Actual	Con propuesta de mejora	Variación
Producción total anual	15 586 522 ladrillos	15 586 522 ladrillos	-
Producción total a venta	11 273 463 ladrillos	13 348 550 ladrillos	18,4%
Merma anual	4 313 059 ladrillos	2 337 972 ladrillos	45,7 %
Impacto económico	1 638 962, 42 soles	888 429,36 soles	45,7%
Porcentaje anual de mermas	28%	10 al 20%, con un promedio de 15%.	46,4%
Productividad de materiales	222,5 ladrillos / tonelada de materia prima	261,54 ladrillos / tonelada de materia prima	17,5%
Productividad de mano de obra	331 572 unidades / hombre.año	368 015 unidades / hombre.año	11%
Eficiencia física	62,3 %	73,23 %	17,5%
Eficiencia económica	1,81	2,14	18,23%

3.5 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

En base a los datos de producción actuales de la empresa, mostrados en la tabla 48, se presenta el siguiente diagrama de líneas con la tendencia de los datos registrados:

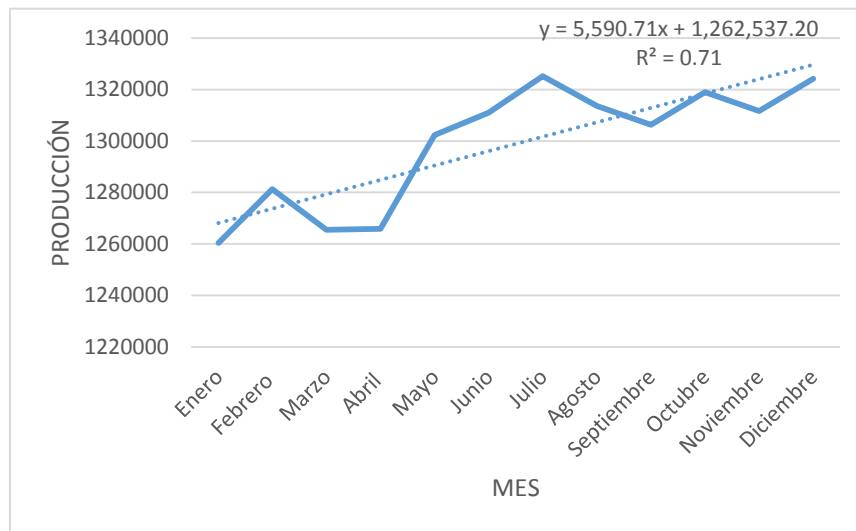


Figura 22. Diagrama de líneas de la producción total de ladrillos en Cerámicos DETT

Como se puede evidenciar en el diagrama de líneas, el cálculo del coeficiente de correlación cuadrático tiene un valor de 0,71; por lo que el coeficiente de correlación es:

$$\text{Coeficiente de correlación cuadrática} = 0,71$$

$$\text{Coeficiente de correlación} = \sqrt{0,71}$$

$$\text{Coeficiente de correlación} = 0,84$$

Además, se presenta la siguiente ecuación de la recta:

$$y = 5\,590,71x + 1\,262\,537,20$$

Con estos datos y el método de regresión lineal se procederá a pronosticar la nueva producción total para los siguientes cinco años, obteniendo como resultado los datos plasmados en la tabla 52 mostrada continuación:

Tabla 52. Pronóstico de la producción total

TOTALES	Producción	Merma 28%	Merma 15%	Ahorro de merma
2016	15586522	4364226	2337978	2 026 248
2017	16391584	4589644	2458738	2 130 906
2018	17196646	4815061	2579497	2 235 564
2019	18001709	5040478	2700256	2 219 462
2020	18806771	5265896	2821016	2 444 880
2021	19611833	5491313	2941775	2 549 538

Cabe resaltar que en el anexo 03 se puede encontrar el pronóstico de producción mensual más detallado.

Por otro lado, en base a la propuesta de mantenimiento preventivo y los datos de costo mostrados anteriormente, se procede a calcular el ahorro en soles que esta representa, es decir, la diferencia entre el costo total que demanda realizar actualmente el mantenimiento correctivo y el cálculo total del costo de mantenimiento preventivo, tal como se muestra a continuación:

Ahorro por Mant. Preventivo = Costo por Mant. Correctivo – Costo por Mant. Preventivo

Ahorro por Mant. Preventivo = (S/ 17 416,67 + S/ 8 029) – (S/ 14 071,86 + S/ 6 556,5)

Ahorro por Mant. Preventivo = S/ 25 445,67 – S/ 20 628,38

Ahorro por Mant. Preventivo = 4 817,29 soles

Con estos nuevos datos de producción de ladrillos para los siguientes años y los costos determinados por cada propuesta, se presenta el siguiente flujo de caja:

Tabla 53. Flujo de caja económico de la propuesta de mejora

BENEFICIOS	Unidad	0	1	2	3	4	5
Ahorro por mantenimiento preventivo	S/		S/ 4 817,29	S/ 5 066,11	S/ 5 314,93	S/ 5 563,75	S/ 5 812,56
Merma reducida de un 28% a un 15% por propuestas de mejora	S/		S/ 809 744,25	S/ 849 514,33	S/ 889 284,40	S/ 929 054,47	S/ 968 824,55
Total Beneficios		S/ 0,00	S/ 814 561,54	S/ 854 580,43	S/ 894 59,33	S/ 934 618,22	S/ 974 637,11
COSTOS							
Capacitación del personal		S/ 18 000,00			S/ 18 000,00		
Rediseño		S/ 163 343,93					
Mantenimiento preventivo		S/ 20 628,38	S/ 20 628,38	S/ 20 628,38	S/ 20628,38	S/ 20628,38	S/ 20628,38
Compra de balanza industrial		S/ 28 000,00					
Compra de sensores de humedad		S/ 31 173,08					
Contratación de nuevo personal		S/ 20 400,00	S/ 20 400,00	S/ 20 400,00	S/ 20 400,00	S/ 20 400,00	S/ 20 400,00
Imprevistos (10%)		S/ 28 154,54	S/ 4 102,84	S/ 4 102,84	S/ 5 902,84	S/ 4 102,84	S/ 4 102,84
Total Costos		S/ 309 699,93	S/ 45 131,22	S/ 45 131,22	S/ 64 931,22	S/ 45 131,22	S/ 45 131,22
UTILIDAD BRUTA		-S/ 309 699,93	S/ 769 430,32	S/ 809 449,22	S/ 829 668,11	S/ 889 487,00	S/ 929,505,90
Depreciación 5%			-S/ 38 471,52	-S/ 40 472,6	-S/ 41 483,41	-S/ 44 474,35	-S/ 46 475,29
Utilidad a Impuestos			S/ 730 958,81	S/ 768 976,76	S/ 788 184,70	S/ 845 012,65	S/ 883 030,60
Impuestos			S/ 219 287,64	S/ 230 693,03	S/ 236 455,41	S/ 253 503,80	S/ 264 909,18
			S/ 38 471,52	S/ 40 472,46	S/ 41 483,41	S/ 44 474,35	S/ 46 475,29
UTILIDAD NETA		-S/ 309 699,93	S/ 550,142.68	S/ 578 756,19	S/ 593 212,70	S/ 635 983,21	S/ 664 596,72

VNA (*)	S/ 2 156 105,64
BENEFICIO COSTO	7,88

Como resultado se tiene que por cada sol invertido se obtiene 7,88 soles. Además, se tiene que el valor neto actual es de 2 156 105,64 soles, monto que representa las utilidades de los cinco años proyectados en el año cero, es decir en el valor actual.

Por otro lado, es necesario saber en cuánto tiempo se va a recuperar la inversión para implementar todas las mejoras propuestas, por ello se presenta la siguiente tabla, donde se muestra el cálculo del periodo de recuperación:

Tabla 54 Periodo de recuperación

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos		S/ 550 142,68	S/ 578 756,19	S/ 593 212,70	S/ 635 983,21	S/ 664 596,72
Inversión	S/ 555 156,02					
Saldo		-S/ 5 013,34	S/ 573 742,85	S/ 1 166 955,55	S/ 1 802 938,76	S/ 2 467 535,47

Este periodo fue hallado mediante la multiplicación del saldo por recuperar de la inversión cuyo valor es de S/ 5 013,34; por los doce meses del año, este resultado se divide entre el ingreso o beneficio del segundo año, y finalmente se le suman los 12 meses del primer año, dando como resultado que el tiempo de recuperación es de 12,1 meses, tiempo en el cual se habrá recuperado todo lo invertido.

IV. CONCLUSIONES

- Se diagnosticó la situación actual de la empresa y se identificó que las principales causas que originan las mermas en Cerámicos DETT S.A.C. se deben a una desproporción en la mezcla de la materia prima, a un mantenimiento de máquinas inadecuado y no planificado, a la falta de capacitación del personal, a la falta de tiempos estándares y a la presencia de áreas mal distribuidas. Las mermas al año 2016 ascienden a un total de 4 313, 059 millares de ladrillos en el 2016, un 28% del total de producción, teniendo un impacto económico que ascienden a un total de S/ 1 643 385,88 sobre la empresa.
- Se plantearon propuestas con el fin de reducir las mermas en Cerámicos DETT S.A.C., las cuales son gestionar la compra e implementación de una balanza industrial para camiones para realizar un correcto pesado, implementar un procedimiento para la carga de materia prima, gestionar la compra e implementación de sensores de humedad para el proceso de amasado e implementar un procedimiento para el seguimiento del proceso, planificar un programa de capacitaciones, estandarizar tiempos, programar un mantenimiento preventivo antes las fallas de las máquinas y realizar una redistribución de planta. Con las mejoras implementadas se logró mejorar los indicadores actuales con un incremento de 18,4% en la producción total a venta, en 17,5% por productividad de materiales, en un 11% por productividad de mano de obra, en 17,5% respecto a la eficiencia física y una reducción de mermas con una variación 45,7%.
- Con las propuestas dadas se redujeron las mermas de un 28% a un 15%, requiriendo una inversión de 555 156, 02 soles a lo largo de los 5 años, siendo un proyecto muy rentable para la empresa en estudio.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una investigación más profunda para la planificación de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad, en donde se le haga mayor seguimiento.
- Se recomienda realizar una investigación más profunda sobre los parámetros que afectan los parámetros de la arcilla del amasado, del secado y de la cocción.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asencio Tadeo, Luis. Desarrollo de una metodología para la cuantificación de mermas en plantas de alimentos balanceados de Zamorano. Tesis (Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el grado Académico de Licenciatura). Zamorano, Honduras: Universidad Zamorano. 2010.
- Betalleluz Pallardel, Lincoln. *Mejora de la productividad en la elaboración de pisco puro no aromático*. Ingeniería Industrial, núm. 27, 2009, pp. 51-60. Universidad de Lima, Lima, Perú. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428493004>
- BERTAN. 2016. Catálogo de comercio de máquinas.18 de agosto del 2016. Disponible en: <http://bertanmaquinas.com.br/es/>
- Cabrejos Álvarez, Danphe y Mejía Pastor, Karla Cecilia. 2013. *Mejora de la productividad en el área de confecciones de la empresa Best Group Textil S.A.C. mediante la aplicación de la metodología PHVA*. Facultad de ingeniería y Arquitectura, Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú. (Último acceso: 25 de octubre del 2017)
- Cuatrecasas, Luis. Diseño avanzado de procesos y planes de producción flexible. Técnicas de diseño y herramientas graficas con soporte informático. 1ª Edición. Barcelona: PROFIT editorial, 2009.
- Del Río, Pablo. (1975). *Materiales de construcción* (4ª). Barcelona: Juan Bruger.
- Gallegos, Hector. 2005. *Albañilería estructural*. Perú: Fondo editorial PUCP.
- Heizer, J. y Barry ender. Dirección de la producción. Decisiones tácticas. Editorial Pearson Education, Madrid, 2001.
- Marotta, Theodore. 2005. *Basic construction materials* (7ª). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Martines, Enrique y Leonel Lira. 2016. *Evaluación de los factores de influencia en el modelo de Luikov durante el secado de ladrillo*. Revista de Ingeniería, investigación y tecnología. Facultad de Ingeniería, UNAM, vol. 17 n°1: 35-44.
- Moreno, Franco. 1981. *El ladrillo en la construcción*. Editorial: BIBLIOT CEAC DE CONSTRUCCION 1ª edición.
- Nievel, Freidvals. Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño del trabajo. México D.F., Alfaomega, 2001.
- Norma Técnica Peruana. 2003. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos. (NTP 331.017:2003). Lima: INDECOPI
- Rhodes, Daniel. 1990. *Arcilla y vidriado para el ceramista*. España: Ediciones CEAC.
- Sánchez, Jorge, Julia Orozco y Leidy Peñaloza. 2014. *Evaluación de mezclas de arcillas para la fabricación de ladrillos refractarios que sirvan para la reconversión tecnológica de los hornos utilizados en norte de Santander*. Revista de Investigaciones Universidad del Quindío (Col), n° 26: 57-64.
- Schneider, Robert. 1980. *Reinforced masonry design*. New York: Prentice Hall Civil Engineering and Engineering Mechanics Series.

- Solís García, Danilo. 2014. *Evaluación del proceso productivo de la planta industrial LADRILLERA TERRAFORTE, ubicada en el sector de Calacalí en el periodo 2012-2013*. Tesis de la Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Internacional SEK.
- Somayaji, Shan. 2001. *Civil engineering materials* (2ª). New Jersey: Prentice Hall.
- Vásquez, Oscar. 2012. "Ingeniería de Métodos. Estudio del Trabajo. Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú.

VII. ANEXOS

Anexo 1. SISTEMA WESTINGHOUSE

SISTEMA WESTINGHOUSE

<u>HABILIDAD</u>			<u>ESFUERZO</u>		
+ 0.15	A1	Extrema	+ 0.13	A1	Excesivo
+ 0.13	A2	Extrema	+ 0.12	A2	Excesivo
+ 0.11	B1	Excelente	+ 0.10	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente	+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.06	C1	Buena	+ 0.05	C1	Bueno
+ 0.03	C2	Buena	+ 0.02	C2	Bueno
0.00	D	Regular	0.00	D	Regular
- 0.05	E1	Aceptable	- 0.04	E1	Aceptable
- 0.10	E2	Aceptable	- 0.08	E2	Aceptable
- 0.16	F1	Deficiente	- 0.12	F1	Deficiente
- 0.22	F2	Deficiente	- 0.17	F2	Deficiente

<u>CONDICIONES</u>			<u>CONSISTENCIA</u>		
+ 0.06	A	Ideales	+ 0.04	A	Perfecta
+ 0.04	B	Excelentes	+ 0.03	B	Excelente
+ 0.02	C	Buenas	+ 0.01	C	Buena
0.00	D	Regulares	0.00	D	Regular
- 0.03	E	Aceptables	- 0.02	E	Aceptable
- 0.07	F	Deficientes	- 0.04	F	Deficiente

Fuente: Niebel (2011)

Anexo 2. SUPLEMENTOS PARA CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES

	Hombres	Mujeres
A. Suplemento por necesidades personales	5	7
B. Suplemento base por fatiga	4	4

2. SUPLEMENTOS VARIABLES

	Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4		4	45
B. Suplemento por postura anormal				2	100
Ligeramente incómoda	0	1	F. Concentración intensa		
incómoda (inclinado)	2	3	Trabajos de cierta precisión	0	0
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	Trabajos precisos o fatigosos	2	2
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)			Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
Peso levantado [kg]			G. Ruido		
2,5	0	1	Continuo	0	0
5	1	2	Intermitente y fuerte	2	2
10	3	4	Intermitente y muy fuerte	5	5
25	9	20	Estridente y fuerte		
35,5	22	máx	H. Tensión mental		
D. Mala iluminación			Proceso bastante complejo	1	1
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
Bastante por debajo	2	2	Muy complejo	8	8
Absolutamente insuficiente	5	5	I. Monotonía		
E. Condiciones atmosféricas			Trabajo algo monótono	0	0
Índice de enfriamiento Kata			Trabajo bastante monótono	1	1
16		0	Trabajo muy monótono	4	4
8		10	J. Tedio		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo bastante aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

Introducción al Estudio del trabajo – segunda edición, OIT. Ejemplo sin valor normativo

Anexo 3. PRONÓSTICO DE PRODUCCIÓN MENSUAL DE LADRILLOS EN 5 AÑOS

Año	Número de mes	Mes	Producción Total (unid.)
2 016	1	Enero	1 260 425
	2	Febrero	1 281 265
	3	Marzo	1 265 520
	4	Abril	1 265 921
	5	Mayo	1 302 345
	6	Junio	1 311 065
	7	Julio	1 325 221
	8	Agosto	1313 670
	9	Septiembre	1 306 311
	10	Octubre	1 318 956
	11	Noviembre	1 311 591
	12	Diciembre	1 324 232
2 017	13	Enero	1 335 216
	14	Febrero	1 340 807
	15	Marzo	1 346 398
	16	Abril	1 351 989
	17	Mayo	1 357 579
	18	Junio	1 363 170
	19	Julio	1 368 761
	20	Agosto	1 374 351
	21	Septiembre	1 379 942
	22	Octubre	1 385 533
	23	Noviembre	1 391 124
	24	Diciembre	1 396 714
2 018	25	Enero	1 402 305
	26	Febrero	1 407 896
	27	Marzo	1 413 486
	28	Abril	1 419 077
	29	Mayo	1 424 668
	30	Junio	1 430 259
	31	Julio	1 435 849
	32	Agosto	1 441 440
	33	Septiembre	1 447 031
	34	Octubre	1 452 621
	35	Noviembre	1 458 212
	36	Diciembre	1 463 803

2 019	37	Enero	1 469 393
	38	Febrero	1 474 984
	39	Marzo	1 480 575
	40	Abril	1 486 166
	41	Mayo	1 491 756
	42	Junio	1 497 347
	43	Julio	1 502 938
	44	Agosto	1 508 528
	45	Septiembre	1 514 119
	46	Octubre	1 519 710
	47	Noviembre	1 525 301
	48	Diciembre	1 530 891
2 020	49	Enero	1 536 482
	50	Febrero	1 542 073
	51	Marzo	1 547 663
	52	Abril	1 553 254
	53	Mayo	1 558 845
	54	Junio	1 564 436
	55	Julio	1 570 026
	56	Agosto	1 575 617
	57	Septiembre	1 581 208
	58	Octubre	1 586 798
	59	Noviembre	1 592 389
	60	Diciembre	1 597 980
2 021	61	Enero	1 603 571
	62	Febrero	1 609 161
	63	Marzo	1 614 752
	64	Abril	1 620 343
	65	Mayo	1 625 933
	66	Junio	1 631 524
	67	Julio	1 637 115
	68	Agosto	1 642 705
	69	Septiembre	1 648 296
	70	Octubre	1 653 887
	71	Noviembre	1 659 478
	72	Diciembre	1 665 068