

MEJORA DE PROCESOS PARA INCREMENTAR LA CALIDAD DEL PRODUCTO CUERO GRASO DE LA CURTIEMBRE INVERSIONES HAROD S.A.C. DE TRUJILLO, 2016

IMPROVEMENT OF PROCESSES TO INCREASE PRODUCT QUALITY OF CUERO GRASO OF THE INVERSIONES HAROD S.A.C OF TRUJILLO TANNERY, 2016

Merjouri Cristina Guanilo Yalico

Alumna de la escuela profesional de Ingeniería Industrial
mguanilo@ucvvirtual.edu.pe
Universidad César Vallejo

Recibido: 19 mayo 2017 - Aceptado: 28 junio 2017

DOI: dx.doi.org/10.18050/Cientifi-k.v5n1a4.2017

RESUMEN

La presente investigación buscó realizar una mejora de procesos para incrementar la calidad del producto de la curtiembre Inversiones Harod S.A.C. de la ciudad de Trujillo en el año 2016. El estudio tuvo como poblaciones a los procesos del producto Cuero Graso y a 15 clientes de la empresa Inversiones Harod S.A.C. Para ello se procedió a emplear las técnicas de observación directa, entrevista, despliegue de función de la calidad, poka-yoke, matriz FMAEA y FAMECA, y costeo ABC. El estudio permitió determinar los atributos de calidad del producto de mayor participación (cuero graso), los cuales fueron: sin manchas, limpio, flexible, buen color, color estandarizado, buen tacto, y sin lacras; calificando al cuero graso como un producto de "alta calidad" con 82,59% del cumplimiento de los prerequisites de calidad. Las mejoras aplicadas influyeron principalmente en tres de los atributos requeridos por el cliente, los cuales fueron: limpio, buen color, y color estandarizado, incrementando la calidad a 85,94%, aprobando la hipótesis de la investigación. El VAN fue de S/. 125 950,0 y la TIR de 156%, mayor al ROA de la empresa, demostrando la rentabilidad de las propuestas implementadas.

Palabras clave: Calidad del producto, mejora de procesos, curtiembre.

ABSTRACT

The present research sought to improve processes to increase the product quality of the Inversiones Harod S.A.C. of Trujillo tannery in the year 2016. The study population was composed of the processes of products called *Cuero Graso* (Fatty Leather) and 15 clients of the Inversiones Harod S.A.C. company. To this end, the techniques of direct observation, interview, quality function display, poka-yoke, FMAEA and FAMECA matrix, and ABC costing were used. The study allowed quality attributes of the product of greatest participation (fatty leather) to be determined: unstained, clean, flexible, good color, standard color, good touch, and without scourges. As a result, the fatty leather (*cuero graso*) was qualified as a "high quality" product with 82.59 % fulfillment of quality prerequisites. The improvements applied mainly influenced three of the attributes required by the client: clean, good color, and standard color, increasing the quality to 85.94% and proving the research hypothesis. The NPV (Net Present Value) was S / . 125 950.0 and the IRR (Internal Rate of Return on Investment) of 156%, higher than the ROA (return on average) of the company, demonstrating the profitability of the implemented proposals.

Keywords: Product quality, process improvement, tannery.

I. INTRODUCCIÓN

En un mundo globalizado, donde el crecimiento económico es indiscutible y la competencia empresarial es a nivel mundial, es necesario buscar la forma de mantenerse y crecer dentro de éste. De acuerdo a esto, la calidad desde hace muchos años ha adquirido un gran protagonismo; puesto que tanto; para empresas de servicio como industriales, se le considera como el arma estratégica para sobrevivir dentro del mercado y principalmente a aquellos entornos donde existe gran competitividad¹. Se puede incrementar la calidad de un producto mediante la mejora de procesos ya que se centra en su optimización, sobretodo porque favorece la reducción de defectos del producto elaborado; lo cual, significa reducir costos y el tiempo de desempeño².

Dentro de los estudios empleados como antecedentes, se encuentran Oirdobro y Sánchez⁴, quiénes concluyeron que debían diseñar indicadores de gestión para medir el desempeño del proceso productivo; implementar un plan de adiestramiento al personal para capacitarlos e incrementar su desempeño; y desarrollar y aplicar un plan de mantenimiento preventivo en lugar de aplicar mantenimiento correctivo. Del mismo modo, Ordoñez y Torres³ en su investigación propuso la implementación de procedimientos documentados, tres métodos de poka-poke para el control del proceso, y un plan de mantenimiento y capacitación de personal, además se evaluó técnica y económicamente la propuesta de mejora, mediante el VPN y TIR, donde se obtuvo S/.134189.96 y 15.22% respectivamente, aprobando la viabilidad del proyecto. Por otro lado, Serrano⁵, en su estudio propuso el empleo de Poka-Yokes para reducir la probabilidad de que sucedan errores, y evaluó la propuesta de mejora con el TIR y VAN, obteniendo como resultado un 24% y S/. 24 136 respectivamente.

Esta investigación se justifica de manera práctica; puesto que, con una propuesta de mejora de procesos se pretende el incremento de la calidad del producto. Económicamente, también es pertinente, ya que, permite analizar las actividades del área de producción a detalle, lo que contribuye no solo a mejorar los procesos sino también a determinar las oportunidades para optimizar los recursos de la empresa, incrementando así la rentabilidad de la misma. Por último, este estudio sirve para el desarrollo de futuras investigaciones,

ya que los métodos y resultados obtenidos podrán ser analizados y comparados con los resultados de casos similares a este trabajo.

Al desarrollar este estudio se empleó los siguientes fundamentos teóricos para definir los conceptos relacionados a la mejora de procesos y calidad del producto. La mejora de procesos busca las oportunidades para desarrollar y aplicar las acciones necesarias con el fin de cumplir los requerimientos del cliente⁶. Un proceso es un grupo de actividades que están relacionadas mutuamente y que emplean un conjunto de entradas para elaborar un resultado esperado⁷.

Para poder visualizar las actividades se emplea el mapeo de procesos; el cual, contribuye a orientar y redefinir aquellos elementos que participan en los procesos, y de acuerdo a las necesidades del cliente, poder reinventar el mismo⁸. Entre las herramientas que contribuye a la mejora de procesos se encuentran la Casa de la Calidad 1, que es una matriz donde se establece la relación entre los requerimientos del cliente (atributos de calidad requeridos por el cliente) y las características del diseño (elementos de medición o pre KPI)⁹. El diseño de Pre-KPI (indicadores clave de desempeño), donde se hace uso de los criterios S.M.A.R.T. es decir, el indicador debe ser específico, medible, alcanzable, rentable y a tiempo¹⁰. El diagrama de Pareto el cual se desarrolla mediante un diagrama de barras de acuerdo a las frecuencias en orden decreciente; es decir, priorizando los aspectos que tienen mayor relevancia¹¹. La Casa de la Calidad 2; la cual, es una matriz donde se establece la relación entre las características de diseño (elementos de medición) y los componentes de diseño (que se obtiene en el diagrama FAST)¹². El diagrama FAST (Técnica Sistemática de Análisis Funcional) que permite desdoblarse y separar las funciones del producto, para poder tratarlos individualmente, luego se clasifica en primarias y secundarias, y se despliegan gráficamente¹³. La matriz FMEA (Análisis de los modos de fallo y efectos) y FAMECA (Análisis de los modos de fallo, efectos y consecuencias); donde, la primera permite determinar los posibles fallos en los elementos de equipo en una planta; así como las consecuencias de los fallos; además, contribuye a desarrollar medidas de prevención para evitar los mismos; y la

segunda se desarrolla de forma similar a la FMEA, la diferencia es que en esta matriz se le asigna un nivel de criticidad a cada fallo¹⁴. El Poka-Yoke; el cual, es una técnica de calidad que busca crear un proceso en el que no se pueda cometer errores¹⁵. El Costeo Basado en Actividades que consta de un procedimiento que demuestra la relación correcta entre los costos de fabricación indirectos (CIF) y los gastos administrativos, y un producto, o actividad, a través de la identificación adecuada de las actividades de apoyo, y la utilización de drivers (base de asignación) y la medición razonable de cada una de las unidades u objetos costeados¹⁶. El diagrama PITOC (Proveedor, Insumos, Proceso o Transformación, Salidas, Cliente) que es una técnica muy útil para definir los procesos, es decir, su estructura básica, ayuda a visualizar el proceso de forma sencilla y también general¹⁷. Un estudio de tiempos que permite saber cuánto tiempo se requiere para llevar a cabo una determinada actividad¹⁸. El análisis financiero, permite determinar la rentabilidad de un proyecto a través de indicadores financieros, los cuales son el VAN (Valor actual neto) y la TIR (Tasa interna de retorno), el primero es un método financiero que en su desarrollo considera los flujos de efectivo en relación al tiempo, y el segundo es una tasa de descuento, que genera que el actual valor de los flujos positivos sea el mismo valor de los

flujos negativos de inversión¹⁹. Por último, es necesario definir que la calidad del producto es la conformidad del producto (bien o servicio) según las especificaciones del cliente, con el fin de que satisfaga no solo sus necesidades sino también sus expectativas²⁰.

La problemática encontrada determinó la interrogante: ¿Cómo influye la mejora de procesos en la calidad del producto del Cuero Graso de la curtiembre Inversiones Harod S.A.C. de la ciudad de Trujillo, en el año 2016? Para dar respuesta a ello se planteó la hipótesis: la mejora de procesos incrementa la calidad del producto del Cuero Graso de la curtiembre Inversiones de Harod S.A.C. de la ciudad de Trujillo, en el año 2016.

El objetivo general de esta investigación fue mejorar los procesos del área de producción para incrementar la calidad del producto del Cuero Graso de la curtiembre Inversiones Harod S.A.C. de la ciudad de Trujillo en el año 2016. Y como objetivos específicos: primero, describir los procesos actuales de producción; segundo, diagnosticar la calidad del producto Cuero Graso de la empresa; tercero, realizar un análisis de los procesos críticos que afectan la calidad del producto; cuarto, implementar mejoras en los procesos críticos; quinto, comparar la calidad del producto antes y después de la mejora de procesos; y sexto, evaluar financieramente la mejora de procesos.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación empleó el método experimental, diseño de investigación pre experimental con pre-prueba y post-prueba, pues se realizó una comparación entre la calidad inicial del producto, y la obtenida después de aplicar la mejora de procesos. La población estuvo conformada por los procesos del producto de mayor demanda Cuero Graso y los 15 clientes que lo demandan de la empresa Inversiones Harod S.A.C. en el año 2016.

Se aplicaron diversas herramientas para desarrollar los objetivos. Para el primer objetivo específico se usó el mapeo de procesos con el fin de recaudar la información necesaria de los procesos del área de producción. Para el segundo, se utilizó una guía de entrevista, donde se le preguntó al cliente por los atributos de calidad del producto (CAS), y luego de obtenerlos, se evaluó en qué actividad se obtiene esta característica (SUB CAS) mediante una guía

de entrevista; después se empleó la casa de la calidad 1, donde se necesitó el CAS y SUB CAS; así como, la herramienta de diseño de pre KPI (análisis SMART) para obtener los KPI. Posteriormente, a través de un registro se obtuvo la cantidad de unidades defectuosas. Para el tercero se usó como instrumento la casa de la calidad 2, en la que se necesitó los KPI obtenidos de la casa 1 de la calidad, y las actividades identificadas en el diagrama FAST, y se obtuvo los procesos críticos del área de producción; por último, se empleó la técnica de cinco ¿por qué?, para obtener las causas raíz de cada actividad. Para el cuarto se usó el poka-yoke, así como matriz FMAEA y FAMECA para determinar los fallos y correcciones. También se usó el costeo ABC antes y después de implementar las mejoras, para el cual se necesitó del diagrama FAST, un estudio de tiempos y el diagrama SIPOC; por último, se utilizó un registro para determinar la cantidad de unidades defectuosas después de aplicar

las mejoras. Para el quinto se empleó el programa SPSS vs 21. Y para el sexto se realizó un análisis financiero, a través de los indicadores de rentabilidad VAN y TIR. Se garantizó la validez de las guías de entrevista empleadas en el presente estudio a través de

la evaluación de tres expertos en el tema, los demás instrumentos son validados conforme al marco teórico.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Mapeo de procesos permitió identificar 106 actividades. Esta herramienta también fue utilizada por Serrano⁵, a diferencia de Oirdobro y Sánchez⁴ que emplearon el diagrama de flujo o flujograma, a pesar de que

el mapeo es un instrumento que permite visualizar con mayor facilidad las principales oportunidades; así como, obstáculos, que se presenten en la empresa.

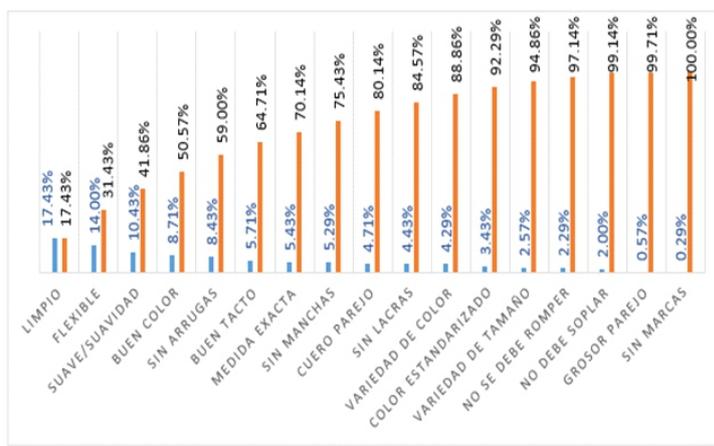


Figura 1. Atributos del cliente (CAS 1), Inversiones Harod S.A.C

Con la técnica de la casa de calidad (CAS) apoyado con la encuesta aplicada a los clientes permitió determinar que respecto a la calidad de producto cuero graso los clientes requieren 17 atributos (figura 1); de los

cuales los principales fueron que el cuero esté limpio (17,45%), sea flexible (14%), suave (10,43%), tenga buen color (8,71%) y sin arrugas (8,43%).

Tabla 1. Subcas Inversiones Harod S.A.C

| CAS | % | SUB CAS | % |
|-------------|--------|-------------------|---------|
| Limpio | 17.429 | Desempolvado | 8.7143 |
| | | Empaquetado | 8.7143 |
| Flexible | 14.000 | Recurtido | 14.0000 |
| | | Remojo | 3.4762 |
| Suave | 10.429 | Recurtido | 3.4762 |
| | | Moliza | 0.1429 |
| | | Recurtido | 2.9048 |
| Buen color | 8.714 | Pintura a roller | 2.9048 |
| | | Pintura a pistola | 2.9048 |
| | | Remojo | 4.2143 |
| Sin arrugas | 8.429 | Carpeteado | 4.2143 |
| | | ... | ... |

Fuente: Guía entrevista jefe de departamento.

La guía de entrevista dirigida a los encargados del departamento de producción permitió determinar las actividades y su porcentaje en que participa cada atributo. Estos resultados permitieron la elaboración de los pre KPI de cada atributo, el análisis S.M.A.R.T. permitió

identificar su cumplimiento seleccionando los más críticos: sin manchas, limpio, flexible, buen color, color estandarizado, buen tacto y sin lacras. Estas herramientas también fueron aplicadas por Serrano⁵.

Tabla 2. Cumplimiento de calidad del producto Cuero Graso. Inversiones Harod S.A.C. 2016

| Atributo | Calidad por kpi (%) | Ponderación del atributo (%) | Ponderación real (%) | Calidad producto (%) |
|---|---------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|
| Sin manchas | 81,25 | 5,29 | 8,96 | 82,59 |
| Limpio | 77,29 | 17,43 | 29,54 | |
| Flexible | 89,17 | 14,00 | 23,73 | |
| Buen color | 87,22 | 8,71 | 14,77 | |
| Color estandarizado | 84,58 | 3,43 | 5,81 | |
| Buen tacto | 95,83 | 5,71 | 9,69 | |
| Sin lacras | 56,46 | 4,43 | 7,51 | |
| TOTAL | | 59,00 | 100,00 | |
| 0-20 Muy bajo 21-41 Bajo 42-62 Regular 63-83 Alto 84-100 Muy alto | | | | |

Figura 2. Operaciones críticas (CAS 2), Inversiones Harod S.A.C

Al realizar un análisis de los procesos críticos que afectan la calidad del producto, con el Diagrama Fast, Casa de Calidad 2 (CAS2) y diagrama de Pareto; se obtuvo que las operaciones críticas para la calidad del producto del Cuero Graso son 12 (35% del total): retoque de pintura; pintura en roller; pintura a pistola; recurtido, neutralizado, teñido, engrase y llenado; empaquetado; desempolvado; lija; lija 1; laca final; estuco; lija (pulido) y salado. Técnicas que también fueron empleados en el estudio de Serrano⁵; a diferencia de las investigaciones de Oirdobro y Sánchez⁴ y Ordoñez y Torres³ los cuales no centraron su mejora de procesos en el análisis de los procesos críticos a pesar de que el

hacerlo conlleva a un análisis adecuado.

Las mejoras en los procesos críticos del producto Cuero Graso, se lograron con el análisis de las Matriz FMEA y FAMECA donde se consideró los recursos de los que se dispone en la empresa, el impacto sobre los atributos tras la mejora, y el tiempo de aplicación, eligiéndose las mejores propuestas con el apoyo de un estudio de tiempos, y el costeo ABC; todas estas también empleados en la investigación de Ordoñez y Torres³ a excepción de las dos últimas herramientas, por otro lado Serrano⁵ también empleó estas herramientas pero no utilizó la matriz FMEA y FAMECA.

Tabla 3. Mejoras tipo Poka Yoke Inversiones Harod S.A.C. 2016

| OPERACIÓN | POKA YOKE | ATRIBUTO CALIDAD |
|-----------------------------|--|---------------------|
| Retoque y pintura en roller | Reparación de la faja que une el túnel 1 y 2 de la roller en la instalación de la línea de vapor. | Buen color |
| | Conectar la línea de vapor al segundo túnel de la roller con una superficie que continúe el movimiento en línea del cuero, en lugar de que éste descienda. | Buen color |
| Lija, lija 1 y lija pulido | Adquirir carretillas para transportar desde la lija el cuero a la máquina roller e impregnado, sin ensuciarlos o mancharlos | Buen color |
| Empaquetado | Emplear los plásticos para colocar los cueros blancos, además de colocar bolsas de plástico en los extremos del paquete y evitar que se ensucien. | Limpio |
| Retoque en pintura y roller | Colocar un cartel en la balanza para hacer recordar al operario que antes de utilizar la balanza es necesario calibrarla | Color estandarizado |
| Todas las operaciones | Plan de mantenimiento preventivo | |

Fueron cinco las mejoras aplicadas (tabla 3): la reparación de la faja que conecta el primer y segundo túnel de la máquina de pintado Roller 1, conectar la línea de vapor al segundo túnel de la roller, adquirir carretillas para transportar desde la máquina de lijado el cuero a la máquina roller e impregnado, emplear los plásticos para colocar los cueros

oscuros también y no sólo los cueros blancos, y colocar un cartel en la balanza para hacer recordar al operario que antes de utilizar la balanza es necesario calibrarla. Por último se volvió a medir el porcentaje de cumplimiento de calidad del producto y se obtuvo:

Tabla 4. Cumplimiento de calidad del producto Cuero Graso después de la aplicación de las mejoras. Inversiones Harod S.A.C. 2016

| Atributo (%) | Calidad por kpi (%) | Ponderación del atributo (%) | Ponderación real (%) | Calidad producto (%) |
|---------------------|---------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|
| Sin manchas | 81,25 | 5,29 | 8,96 | 85,94 |
| Limpio | 86,88 | 17,43 | 29,54 | |
| Flexible | 89,17 | 14,00 | 23,73 | |
| Buen color | 89,58 | 8,71 | 14,77 | |
| Color estandarizado | 87,50 | 3,43 | 5,81 | |
| Buen tacto | 95,83 | 5,71 | 9,69 | |
| Sin lacras | 56,46 | 4,43 | 7,51 | |
| TOTAL | | 59,00 | 100,00 | |

Fuente: Inversiones Harod S.A.C.

De acuerdo a la tabla 2, la calidad del producto se encontraría en un nivel muy alto, lográndose un incremento de 3,35%. Estos resultados fueron corroborados mediante el análisis inferencial comparando la calidad del producto de la curtiembre antes y después de la mejora de procesos en base a la cantidad de unidades defectuosas, para ello se

empleó el programa SPSS vs 21, en la que se evaluaron 84 muestras. Primero se realizó la prueba de normalidad, y se obtuvo un valor p menor a 0,05, lo que significa que los datos no presentaron un comportamiento normal, por consiguiente se procedió a probar la hipótesis con la prueba no paramétrica de Wilcoxon:

Tabla 5. Prueba de hipótesis

| Productos defectuosos después – productos defectuosos antes | |
|--|---------------------|
| Z | -3,751 ^b |
| Sig. asintótica (bilateral) | ,000 |
| a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo | |
| b. Se basa en rangos positivos. | |

Fuente: Inversiones Harod S.A.C, SPSS Vs 21

Los resultados indicaron que p es menor a 0.05 por lo que se afirma que la mejora de procesos disminuye significativamente la cantidad de productos defectuosos del Cuero Graso de la curtiembre Inversiones de Harod S.A.C. de la ciudad de Trujillo, en el año 2016 Para la evaluación financiera de la mejora de procesos se realizó un análisis financiero,

mediante indicadores de rentabilidad VAN y TIR, obteniendo como resultado S/. 125 950,0 y 156% respectivamente, demostrando la viabilidad del proyecto; también se evaluó las mejoras no aplicadas y se obtuvo un VAN de S/. 254 012,0 y un TIR de 75%, mayor al ROA, lo que significa que las mejoras no aplicadas son rentables también. Estos indicadores

fueron empleados por Ordoñez y Torres⁴ en su investigación donde consiguió un VPN y TIR de S/.134189,96 y 15,22% respectivamente, aprobando la viabilidad de su proyecto. También Serrano⁵ en su estudio evaluó su

propuesta de mejora con el TIR y VAN, obteniendo como resultado un 24% y S/. 24 136,0 respectivamente, aprobando su viabilidad también.

IV. CONCLUSIONES

1. El estudio logró identificar 17 atributos de calidad requeridos por los clientes; de ellos los más críticos: sin manchas, limpio, flexible, buen color, color estandarizado, buen tacto y sin lacras; determinando un porcentaje general de cumplimiento inicial de la calidad del producto Cuero Graso de un 82,59%.
2. El diagrama FAST permitió determinar que de las 34 operaciones analizadas, 12 son críticas y están relacionadas a los atributos de calidad críticos, representando el 35% del total. Estas operaciones fueron el retoque de pintura; pintura en roller; pintura a pistola; recurtido, neutralizado, teñido, engrase y llenado; empaquetado; desempolvado; lija; lija 1; laca final; estuco; lija (pulido); y salado.
3. Las mejoras aplicadas permitieron alcanzar un cumplimiento de los KPI de calidad de un 85.94% logrando un incremento de la calidad del producto en un 3,35%, lo cual se corroboró estadísticamente con la prueba de Wilcoxon.
4. Finalmente en la evaluación financiera de la mejora de procesos permitió demostrar la viabilidad de las mejoras aplicadas, ya que se obtuvo como resultado un VAN de S/. 125 950,0 y TIR de 156%, mayor al ROA de la empresa. También se evaluó las mejoras no aplicadas y se obtuvo un VAN de S/. 254 012,0 y un TIR de 75%, mayor al ROA, lo que significa que estas mejoras no aplicadas son rentables también.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cota Espericueta, Alma Delia y Ponce Corral, Carlos. El proceso de secado solar de lodos generados en plantas tratadoras de aguas residuales. México: La Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez. 2007. Pag 46.
2. Cota Luboschik. "Instituto de Ciencias Biomedicas Programa de Quimica: "Secador solar de lodos residuales". México: 2006. Pag 10.
3. Escuelas Radiación. [ref. de 04 de diciembre 2015]. Disponible en Web: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi97/imagen/espinal/radiacin.htm>
4. Gualberto. Trabajos de ingresos. [ref. de consulta 28 octubre 2015]. Disponible en web: http://www.ai.org.mx/ai/images/sitio/201309/ingresos/jglm/doc_ingreso_gualberto_limon_trabajo_de_ingreso.pdf
5. International. Parlay [En Línea] 2010.[ref. de consulta 28 octubre 2015] Disponible en web: [http://C:/Users/Sonia/Downloads/21618-38940-1-PB%20\(4\).pdf](http://C:/Users/Sonia/Downloads/21618-38940-1-PB%20(4).pdf)
6. Mohamu; L.A, Gutierrez y A.H., Sastre "Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. "El Proceso de secado solar de lodos generados en plantas tratadoras de aguas residuales "Problemática de lodos residuales". México: 1996. Pag. 47-62
7. Pérez, M. Estructura y morfología bacteriana. España: 2009. [ref 28 octubre 2015] Disponible en web: <http://www.uacj.mx/ICB/redcib/Publicaciones/Tesis%20Licenciatura/Qu%C3%ADmica/CUANTIFICACI%C3%93N%20DE%20SALMONELLA%20EN%20LADOS%20GENERADOS%20EN%20PTAR%20DURANTE%20EL%20PROCESO%20DE%20SECADO%20SOLAR.2.pdf>
8. Sites. Métodos de lodos. [ref de consulta 28 octubre 2015]. Disponible en web : http://www.sag.cl/sites/default/files/METODOS_LODOS_SUELOS.pdf
9. Sol. Radiación solar. [ref de 28 octubre 2015]. Disponible en web : <http://www.solarq.com/index.php/radiacion-solar/radiacion-tierra>
10. Tesis. Deshidratado y secado de lodo. [ref de 28 octubre 2015]. Disponible en web: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/4314/Capitulo8.pdf>