

Gestión de costos de calidad en la producción de jugos cítricos concentrados en la Empresa Agroindustrial América Libre

Management of quality costs in the production of citrus juices concentrated in the Agroindustrial Enterprise América Libre

Ing. Eliobert Ramírez-Romero^I, eicc@enet.cu; Lic. AysisLoddo-Guerra^{II}, loddo@uo.edu.cu; Dr.C. Alexander Gorina-Sánchez^{II}, gorina@uo.edu.cu; Dra.C. Isabel Alonso-Berenguer^{II}, ialonso@uo.edu.cu

^IEmpresa Agroindustrial “América Libre”; ^{II}Universidad de Oriente, Cuba

Resumen

La gestión de los costos de calidad permite a las empresas cuantificar los gastos de producción, administrativos, materiales y humanos con el fin de eliminar aquellas deficiencias existentes, posibilitando un incremento de la productividad y del beneficio empresarial. Consecuentemente, el objetivo del trabajo fue diseñar procedimientos para el cálculo de costos de calidad para las producciones de jugos cítricos concentrados en la Empresa Agroindustrial América Libre de Contramaestre. Se realizó una descripción del proceso de obtención de estos jugos, la identificación de sus puntos críticos de calidad, la determinación de los costos de calidad y las expresiones de cálculo. El resultado principal fue la propuesta de procedimientos para el cálculo de costos de calidad, sustentado en características del sistema de costo de la entidad y en los datos de la contabilidad por sucesos. Su aplicación posibilitó perfeccionar la gestión de la calidad en las producciones de jugos concentrados.

Palabras clave: gestión de calidad total, puntos críticos de calidad, costos de calidad, procedimientos de cálculo, jugoscítricos concentrados.

Abstract

The management of quality costs allows enterprises to quantify production, administrative, material and human expenses in order to eliminate existing deficiencies, enabling an increase in productivity and business profit. Consequently, the objective of the work was to obtain procedures for the calculation of quality costs for the productions of citrus juices concentrated in the Agroindustrial Enterprise América Libre of Contramaestre. A description was made of the process of obtaining these juices, the identification of their critical quality points, the determination of the quality costs and the calculation expressions. The main result was the proposal of procedures for the calculation of quality costs, based on characteristics of the entity's cost system and the data of the accounting for events. Its application made it possible to perfect the management of quality in the production of concentrated juices.

Keywords: total quality management, critical quality points, quality costs, calculation procedures, concentrated citrus juices.

Introducción

Toda actividad de producción o servicio genera costos, por lo que es un error pensar que a mayor calidad se genera un mayor costo. Esto se debe a que parte de estos costos son atribuidos a la función de calidad de la organización, y su detección y medición son aspectos importantes en la gestión de las empresas. Los costos de la calidad total representan una herramienta poderosa que permite cuantificar los gastos de producción, administrativos, materiales y humanos con el objetivo de eliminar aquellas deficiencias que afectan la calidad con un carácter eminentemente preventivo (Oakland, 2014; Valenzuela, 2016).

La presentación periódica de un informe que muestre cuánto se gasta en reproceso, desperdicios, inspecciones, pruebas, paradas de los procesos fabriles continuos, reclamaciones de clientes por mala calidad, reposiciones de mercancías y garantías, le permite a la dirección de la empresa examinar y evaluar estos gastos y tomar las medidas oportunas para reducirlos y orientar la política de una mejora continua al logro de un posicionamiento fuerte en el mercado en el cual se encuentra inmersa.

Algunas empresas conviven con altos porcentajes de ineficiencias y desperdicios, siendo común el reproceso en los ciclos productivos, lo cual llega a considerarse un proceso normal. Esto ocurre frecuentemente cuando los sistemas contables no han sido diseñados para identificar los costos de calidad; la dirección de las empresas es mucho más sensibles a los costos globales de la producción o servicios que a los costos de calidad (Powell, 1995; Lavielle, 2014; Shih, Shou, Chi, y Chi, 2015).

Así, un diagnóstico realizado en enero de 2016 al proceso de gestión del sistema de costos de la producción de jugos cítricos concentrados en la Unidad Empresarial de Base (UEB) Industria, perteneciente a la Empresa Agroindustrial América Libre de Contramaestre, permitió corroborar que los especialistas del área contable no gestionaban los costos de calidad de las referidas producciones. Entre las causas principales de esta situación se precisó el desconocimiento de las técnicas contables para la gestión de los costos de calidad, la no precisión de los factores que provocan el aumento de estos costos y el desconocimiento de su influencia en el costo total de producción.

Consecuentemente, el presente trabajo tuvo como objetivo la obtención de procedimientos para el cálculo de costos de calidad para las producciones de jugos cítricos concentrados en la UEB Industria, perteneciente a la Empresa Agroindustrial América Libre de Contramaestre.

Se valoró que el cumplimiento de este objetivo posibilitaría avanzar en el perfeccionamiento de la gestión de calidad total en la UEB Industria, posibilitando un mejor control de la calidad en la producción de jugos cítricos concentrados e incrementando la productividad y el beneficio empresarial.

Fundamentación teórica

Los *costos de calidad* son aquellos costos necesarios para alcanzar el nivel apropiado de conformidad sobre un producto o servicio y surgen frecuentemente por la baja calidad de los mismos o la que pudiesen presentar. Incluyen los costos directos por baja calidad para la empresa y los costos de calidad ocultos especificados por las funciones de pérdida de calidad, por lo que están asociados con la creación, identificación y prevención de defectos (Ramos, Acevedo, Ramírez y García, 2016). Además, se configuran a partir de los aspectos económicos que consideran los gastos incurridos en la obtención y aseguramiento de una calidad satisfactoria, así como a las pérdidas originadas cuando no se obtiene esta (Powell, 1995; Vargas y Aldana, 2014).

Por lo tanto, estos costos están asociados con la prevención, identificación, reparación y rectificación de la calidad deficiente y con el costo de oportunidad de la pérdida de tiempo de la producción y las ventas, como resultado de una calidad deficiente (Vargas y Aldana, 2014; Firescu y Popescu, 2015).

A los costos de calidad es usual clasificarlos en *costos de conformidad* y en *costos de no conformidad* (figura 1). Los de conformidad se derivan del esfuerzo de la organización para fabricar productos o generar servicios con la calidad esperada, se clasifican a su vez en *costos de evaluación* (o detección) y en *costos de prevención* (Vargas y Aldana, 2014; Ramos, *et al.*, 2016; Valenzuela, 2016), que están asociados a procesos que ocurren durante y después de la producción, pero antes de la venta.

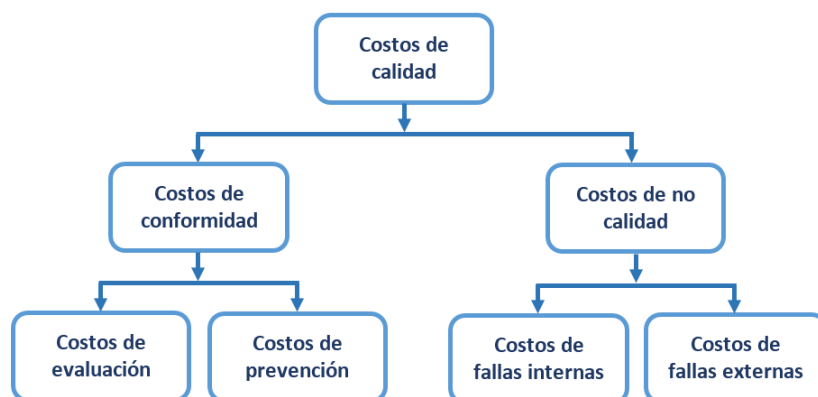


Figura 1: Clasificación de diferentes costos de calidad

Los costos de evaluación son aquellos en los que incurre la empresa, destinados a medir, verificar y evaluarla calidad de los materiales, partes, elementos, productos y/o procesos, así como en controlar y mantener la producción dentro de los niveles y especificaciones de calidad, previamente planificados y establecidos por el sistema de calidad y las normas aplicables (Firescu y Popescu, 2015).

Las empresas presentan costos de evaluación para identificar productos defectuosos y asegurarse que todas las unidades cumplen o exceden los requerimientos del cliente. Incurrir en estos costos reduce los errores o previene que se presenten nuevamente, lo que posibilita que se detecten los productos defectuosos antes de ser entregados al cliente, que en última instancia es el termómetro de la calidad.

Los costos de prevención son aquellos en los que incurre una organización para evitar y prevenir errores, fallas, desviaciones y/o defectos durante cualquier etapa del proceso productivo que desmeriten su calidad (Ramos, *et al.*, 2016). A medida que los costos de prevención se incrementan se espera que los costos de falla disminuyan, de modo que se incurre en dichos costos para reducir el número de unidades producidas que no logran la calidad especificada. Debe señalarse que existe un punto óptimo donde no es conveniente seguir aumentando los costos de prevención con el objetivo de disminuir los costos por falla, pues se corre el riesgo de gastos excesivos y de prácticas perfeccionistas innecesarias.

Por otro lado, debe señalarse que los costos de no calidad son aquellas erogaciones producidas por ineficiencias o incumplimientos, las cuales son evitables. Son ocasionados por fallas e inversamente proporcionales a la efectividad y eficiencia de las inversiones destinadas a la prevención y evaluación de la calidad (Ramos, *et al.*, 2016; Valenzuela, 2016). Es decir, a medida que la empresa consolide el sistema de gestión de la calidad implementado y que las actividades de prevención y evaluación se hagan más eficientes y eficaces, entonces los costos de no calidad disminuirán.

Los costos de no calidad, a su vez, se clasifican en *costos de fallas internas* y *costos de fallas externas* (figura 1), dependiendo del momento en que se detecten (Ramos, *et al.*, 2016; Valenzuela, 2016). Los costos de fallas internas son los que se detectan antes de la entrega a los clientes y los de fallas externas, se observan después de que los clientes han recibido el producto o servicio. De modo que, los primeros son producidos como resultado de una ineficiente identificación de faltas de conformidad con requerimientos de calidad, antes que el producto llegue a los clientes como son: desperdicios, reproceso, reinspección, diagnósticos de inconformidad, degradación, entre otros.

Mientras que los costos de fallas externas son todos aquellos en los que incurre la empresa cuando los productos, componentes o materiales fallan por su inconformidad con los requerimientos de calidad, después de haber sido transferido a los clientes. Por lo tanto, afectan a la imagen de la empresa y a los clientes, por ser detectados por estos últimos. De modo que son generados como resultados de un rechazo del producto por parte del cliente (quejas, reclamaciones) y que deben ser resueltos mediante reprocesos, transporte, reparaciones o reemplazos del producto. Otros costos por fallas externas son los relacionados con la responsabilidad legal de la empresa.

De lo analizado se infiere que en una organización la eficiencia en la gestión de la calidad está asociada a la utilización óptima de los recursos invertidos en el proceso de gestión y mejora continua durante la fabricación de los productos y/o prestación de servicios, de manera que los costos por este concepto sean los necesarios, orientados a la satisfacción del cliente (Oakland, 2014; Vargas y Aldana, 2014; Lavielle, 2014; Shih, *et al.*, 2015; Firescu y Popescu, 2015; Valenzuela, 2016; Ramos *et al.*, 2016).

Deberá entonces gestionarse un nivel óptimo entre los costos de conformidad y de no calidad, siendo imprescindible lograr mayor conocimiento de estos costos en función de potenciar la creación de valor en la producción y los servicios, como eslabón clave para alcanzar el éxito empresarial.

Métodos utilizados

Para diseñar los procedimientos para la gestión de los costos de calidad en la producción de jugos cítricos concentrados en la UEB Industria se utilizó el Decreto 281 (2007) del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, Reglamento para la implantación y consolidación del sistema de dirección y gestión empresarial estatal, especialmente su artículo 626 que orienta acciones claves, tales como: identificar los costos de calidad en los diferentes procesos, evaluarlos, registrarlos, analizarlos y recomendar a la alta dirección las posibles medidas para la mejora continua; desarrollar un plan de acción para su implementación; y seleccionar un área de prueba y comenzar el programa en la misma.

Para identificar los costos de calidad del proceso de producción de jugos cítricos concentrados se utilizó la información contable de la empresa en el quinquenio 2010-2015. Además, se implementó la siguiente metodología: 1) describir el proceso de producción de jugos cítricos concentrados; 2) identificar los puntos críticos de calidad; 3) determinar los costos de calidad y proponer su cálculo; 4) valorar cualitativamente la implementación parcial de los costos de calidad propuestos.

Resultado y discusión

1. Descripción del proceso de producción de jugos cítricos concentrados

En la figura 2 se presenta esquemáticamente el proceso de la producción de jugos cítricos concentrados en la UEB Industria, que tiene seis etapas claves y varios subprocesos que se presentan a continuación:

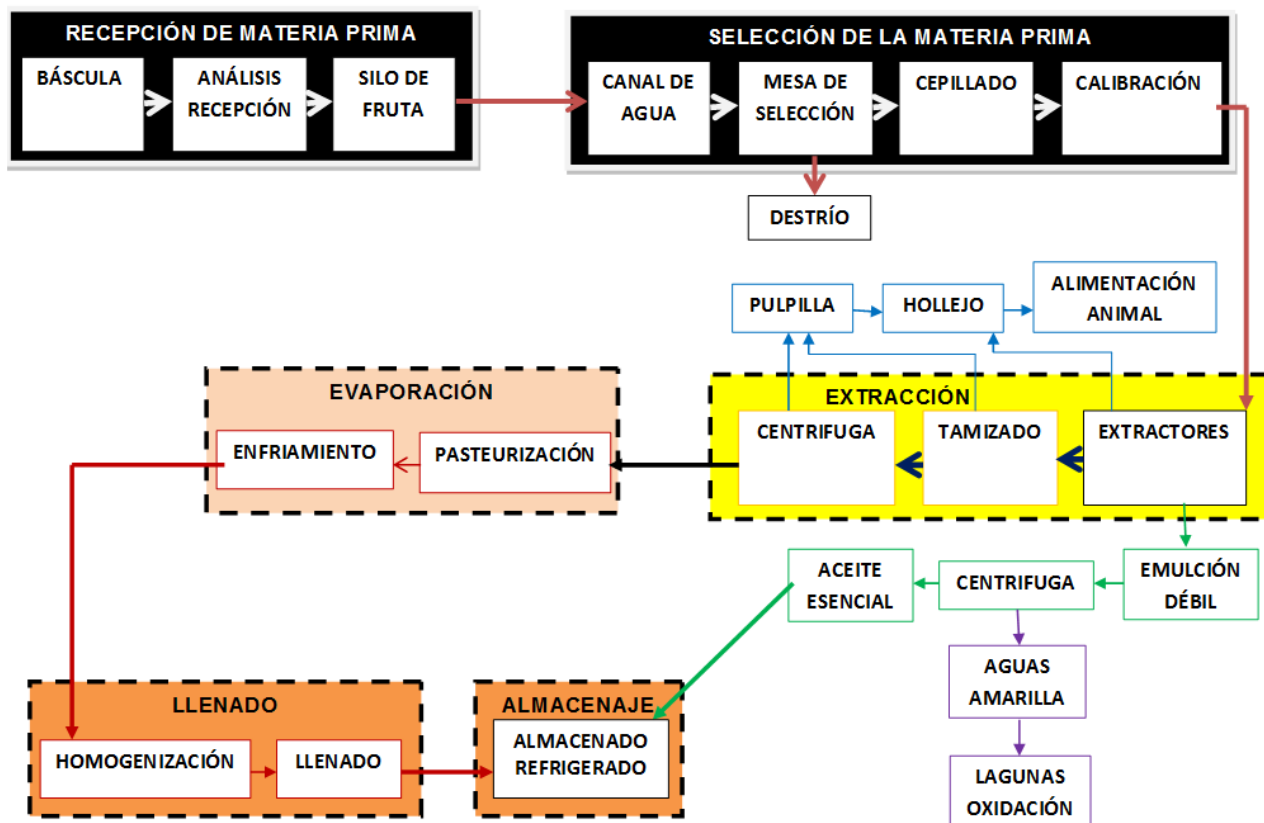


Figura 2: Representación del proceso de producción de jugos cítricos concentrados

1. **Recepción de materia prima:** se pesa en la báscula la materia prima que llega en camiones y en el laboratorio de recepción se realizan los análisis de calidad correspondientes (bonificando o penalizando al productor en el pago), se almacena en el silo con capacidad para 280 000 kg por variedad y procedencia.
2. **Selección de la materia prima:** la fruta llega desde el silo a través de un canal operado con agua, se seleccionan manualmente los frutos que no cumplen con las especificaciones de calidad en la mesa de selección y se cuantifica los volúmenes desechados (destrío). Luego se lava en la cepilladora, librando a los frutos cítricos de materias extrañas por medio de la operación mecánica de los cepillos y agua suave. Un transportador de cangilones lleva los frutos a la calibradora donde se separan por calibre para ser molidos en los extractores.
3. **Extracción:** en las máquinas extractoras se obtiene de forma simultánea y separada el jugo simple, la emulsión débil de aceite y el hollejo, este último se vende como subproducto para la alimentación animal, la emulsión débil pasa a las centrifugas y se obtiene el aceite esencial de la fruta correspondiente y las aguas amarillas, residual que se incorporan a las lagunas de oxidación para su tratamiento. En el proceso de tamizado y centrifugado se lleva el jugo simple obtenido en los extractores a los niveles de pulpa normados (no más del 10 %), y se obtiene como subproducto la pulpilla con alto niveles nutricionales para la alimentación animal. En las centrifugas de aceite la emulsión débil, obtenida de las máquinas extractoras, se trata en dos etapas (deslodado y pulido) obteniéndose el aceite esencial, que se envía a sedimentar dentro de la cámara frigorífica a cuatro tanques de 8 000 kg de capacidad, con el fin de separar las ceras e impurezas en suspensión.
4. **Evaporación:** se pasteuriza el jugo con temperaturas dese 95 a 100°C, luego se concentra con el evaporador de película descendente cuatro efecto hasta lograr concentrados de entre 65 y 66 °Bx, (°Bx: grados Brix que es el porciento en peso de sacarosa contenida en 100 g de solución) con una temperatura final de 13 °C. Mediante el enfriamiento se logra bajar la temperatura desde 13 °C hasta 0 °C, con ayuda de un intercambiador que usa como medio refrigerante glicol al 50 %. Dos tanques isotérmicos de 10 000 kg homogenizan el producto para lograr un lote con características uniformes, se fortifica el jugo con los aromas que perdió en el proceso de evaporación.
5. **Llenado:** se envasa el producto en bidones de 55 galones con dos bolsas de nylon, de 45 micras asépticas o en bines de 1 500 kg con bolsas asépticas.
6. **Almacenaje:** se utiliza una cámara refrigerada que baja la temperatura del producto hasta -18 °C donde se almacenan los jugos de frutas concentrados.

Además de estas etapas existe un área de servicio o apoyo a la producción: calderas de vapor, planta potabilizadora de agua, compresores de aire, estación de limpieza tecnológica, cocina comedor y taller de maquinado. También debe señalarse que el sistema de costo que tiene diseñado la UEB Industria es por centro de costos donde se

refleja los diferentes surtidos de la producción y por elementos y partidas de gastos, tanto en CUP (pesos cubanos) como en CUC (pesos cubanos convertibles).

2. Identificación de los puntos críticos de control

Para identificarlos Puntos Críticos de Control (PCC) se diseñó el árbol de decisión de la figura 3.

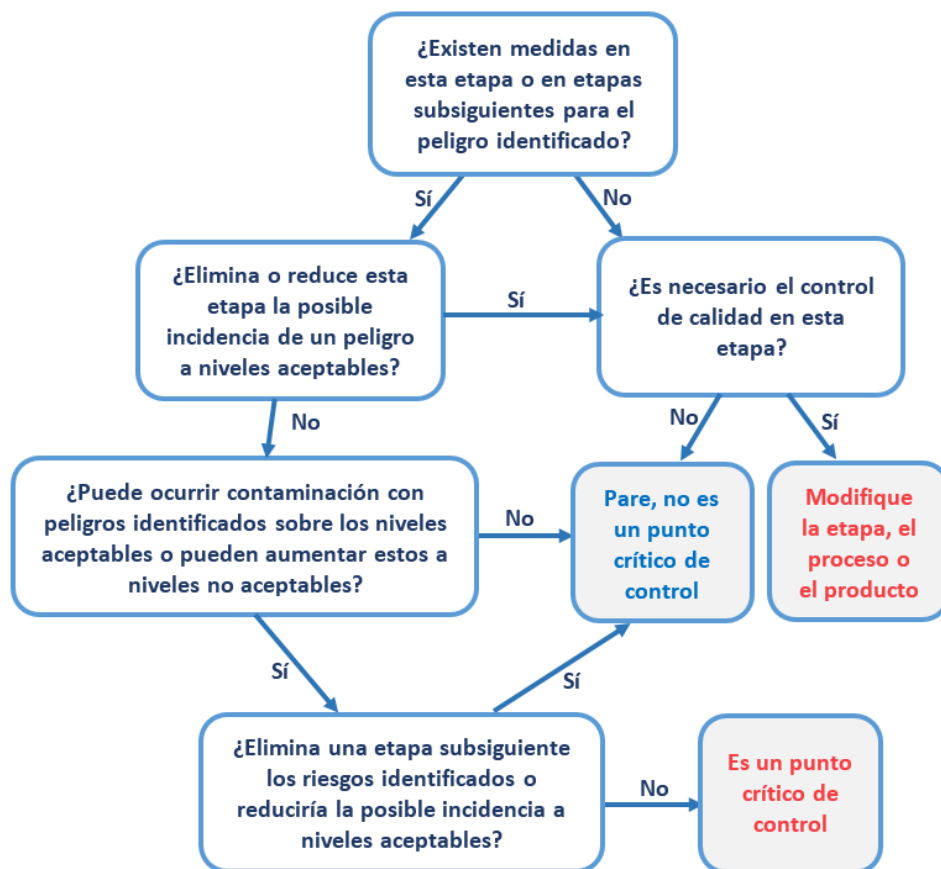


Figura 3. Árbol de decisión para determinar los puntos críticos de control durante la producción de jugos

Los PCC identificados fueron los siguientes:

1. **Punto de riesgo de la recepción:** se realiza una inspección visual y se muestrea cada camión que llega a la recepción por el Técnico C en Gestión de la Calidad. La muestra es procesada para realizar los análisis de laboratorio de porcentaje de jugo, °Bx, rendimiento potencial y un análisis de acidez. Con estos elementos se efectúa el pago por calidad, incurriéndose en un costo de evaluación.
2. **Punto de riesgo de la mesa de selección:** es imputable a los costos de calidad el salario de los operarios de equipos de la industria, que son los encargados de seleccionar las frutas que no cumplan con los requisitos de calidad, para ser desechadas por el destrío, los volúmenes rechazados se controlan por el jefe de turno. Son consideradas mermas normales hasta un 2 % de la naranja para moler y un 3,5 % de la toronja. El jefe de turno del laboratorio realiza una inspección

con una frecuencia de una hora, verificando el trabajo de los operarios de la mesa. Los costos de calidad generados son de evaluación y de fallas internas.

3. **Punto de riesgo de la cepilladora:** el jefe de turno del laboratorio realiza un chequeo horario para verificar si los cepillos están funcionando correctamente y si el flujo de agua es el adecuado, de forma tal que no quede materia extraña adherida a la corteza de la fruta (tierra o fango) que puede traer de los campos o haberla obtenido en el proceso de manipulación, este riesgo forma parte de los costos de evaluación y de fallas internas.
4. **Punto de riesgo tamizado:** en el terminador se logra eliminar la mayor parte de la pulpa que trae el jugo simple proveniente del proceso de extracción, quedando aproximadamente un 10 % de pulpa. Si esta etapa falla se obtiene un jugo con un nivel de pulpa elevado, que es imposible reparar en etapas posteriores, por lo que este punto constituye un PCC susceptible de generar costos por fallas internas. Además, existen costos de evaluación cuando se analiza la pulpa del jugo cada una hora.
5. **Punto de riesgo de pasteurización y concentración:** se realizan varios análisis por parte del jefe de turno del laboratorio, controlando la temperatura de pasteurización, el °Bx de salida del jugo en el *flash cooler* (sistema de enfriamiento) y el resultado de la limpieza tecnológica, garantizando que no queden residuos químicos que pudieran contaminar el jugo concentrado y que la carga microbiológica sea eliminada completamente de todo el equipo, estos aspectos suman costos de evaluación. También es un PCC porque si ocurren estas deficiencias no se pueden eliminar en etapas posteriores y causarían costos por fallas internas en reproceso o pérdida de producto final.
6. **Punto de riesgo de enfriamiento y homogenización:** el jefe de turno de laboratorio controla la limpieza tecnológica, comprobando que no queden restos de productos químicos y se comprometa la integridad del jugo. También controla cada una hora la temperatura a la salida del jugo en el intercambiador de calor y la temperatura del medio refrigerante glicol, el °Bx en los tanques isotérmicos de estandarización y realiza la fortificación del jugo con los aromas esenciales. Estos costos se incluyen en los costos de evaluación y forman parte de los PCC porque las altas temperaturas, al final del proceso, pueden provocar la proliferación de los microorganismos en el jugo. Además, un fortificado deficiente o la contaminación del jugo con residuos químicos provenientes de la limpieza tecnológica, no se puede eliminar del producto en etapas posteriores, por lo que tendría un costo de fallo interno.
7. **Punto de riesgo de llenado:** el jefe de turno de laboratorio realiza análisis de acidez por el método potenciométrico con gastos de reactivos químicos, como es el hidróxido de sodio, determinando el °Bx y dando el visto bueno para el envasado del producto final en conformidad con los requisitos establecidos. Periódicamente realiza inspecciones para garantizar que no queden residuos químicos de limpieza, y que la carga microbiológica sea nula. También le realiza inspecciones al personal que trabaja en el área, para evitar el uso de prendas que

puedan caer en el jugo y garantizar un estado higiénico sanitario adecuado. Se generan costos de evaluación, y al ser la última etapa del proceso, la existencia de fallas internas implicaría un reproceso del producto final.

8. **Punto de riesgo del almacén refrigerado:** es un PCC porque la cámara refrigerada debe lograr bajar la temperatura del jugo concentrado hasta 20 °C en 73 horas. De no ser así se corre el riesgo de la proliferación de microorganismos y la generación de costos de no calidad por fallas internas, además de los costos de evaluación.

3. Determinación de los costos de calidad y propuestas de cálculo

A. Costos de evaluación

1. **Costos de inspección (C_{Insp}):** tienen en cuenta los costos de los supervisores y del personal directo a las labores de control y evaluación de la calidad en todas las etapas del proceso productivo hasta la comercialización, más los gastos administrativos para garantizar esta actividad. También hay que considerar los gastos relativos a reactivos químicos y microbiológicos incurridos para los análisis de laboratorio, así como la depreciación de los equipos de medición del laboratorio.
2. **Costos de las muestras tomadas para el análisis y ensayos de laboratorio (C_{Muest}):** en diferentes etapas del proceso se toman muestras para ensayos destructivos, que no permiten su reincorporación al proceso productivo. Se deben de estimar los costos de estas muestras, como es el caso de las muestras de frutas tomadas en la recepción a razón de 10 frutas al azar por cada 10 000 kg transportadas y 20 frutas para carros mayores de 10 000 kg. Al producto final se le realiza de tres a cuatro análisis de los grados Brix por lote. Tomando en cada muestra 100 g de producto, y 1 kg para las muestras testigo, análisis físicos químicos y microbiológicos. En total se toman 1,1 kg de concentrado por lote.
3. **Costos por auditorías (C_{Audit}):** en el mismo se incluyen los gastos relacionados con la actividad de auditoría, los gastos de salario, considerando solo el tiempo dedicado a esta actividad por los auditores internos del Sistema de Gestión de la Calidad y los honorarios por las auditorías externas. Los datos para el cálculo se toman del informe de las auditorías donde se recogen que incluyen los procesos auditados, los participantes y el tiempo gastado en esta actividad, entre otros gastos.
4. **Costos por capacitación del personal para la evaluación (C_{CPÉva}):** la capacitación del personal que interviene en el control y evaluación de la calidad es un proceso continuo y sistemático. La empresa planifica talleres, conferencias y eventos internos, además de participar con especialistas en eventos científicos nacionales, incurriéndose en costos de aseguramientos y salarios. También algunos especialistas imparten capacitación a los operarios de las diferentes áreas cuando existe una desviación de la Norma ISO 9000: 2008 que se recoge en el modelo de capacitación.

5. **Costos por mantenimiento y verificación de los equipos y medios de medición (CMVMed):** los equipos y medios de medición se verifican o calibran en la Oficina Territorial de Normalización, incurriéndose en gasto para la contratación de esos servicios, salarios del especialista principal del laboratorio en el tiempo dedicado a esta labor y de los operarios en la recolección y montaje de los equipos, además de los honorarios a abonar por los servicios recibidos.
6. **Costos por conservación del producto e inspecciones a frigoríficos (CCPIFrig):** la industria guarda en congelación los jugos concentrados en los frigoríficos de Santiago de Cuba y Nuevitas, pagando un alquiler de \$ 5000,00 al mes, el Técnico Comercial realiza visitas periódicas para comprobar que el producto cumple con los requisitos de la norma y mantiene su calidad hasta ser comercializado.
7. **Costos por el uso de laboratorios externos (CULExt):** se realiza el análisis del producto final en el laboratorio de la Industria de Cítricos de Ceballos, para corroborar la fiabilidad del laboratorio de la industria de Contramaestre, incurriendo en los costos por transportación, hospedaje, gastos de salario y los honorarios a abonar por los servicios recibidos.

A partir de toda la información anterior, se propone un conjunto de fórmulas, creadas para calcular los costos de evaluación, las que se muestran en la tabla 1.

TABLA 1: PROPUESTAS DE CÁLCULO PARA DETERMINAR LOS COSTOS DE EVALUACIÓN

Expresiones matemáticas para determinar los costos de evaluación

1. Costo de inspección (CInsp):

$$C_{Insp} = \sum_{i=1}^n (T_{Hora_i} \cdot H_{Trab_i}) + \sum_{j=1}^k (U_{RQui_i} \cdot P_{RQui_i}) + D_{EMed}$$

2. Costos de las muestras tomadas para el análisis y ensayos de laboratorio (CMuest):

$$C_{Muest} = \sum_{i=1}^n (P_{MFru_i} \cdot C_{Pag_i} \cdot P_{Fru}) + \sum_{i=1}^k (L_{PFin_j} \cdot P_{PFin_j} \cdot P_{MABx_j})$$

Donde $P_{MFru} = C_{Car} \cdot C_{Fru} \cdot P_{Fru}$

3. Costos por auditorías (CAudit):

$$C_{Audit} = \sum_{i=1}^n (T_{Hora_i} \cdot H_{Trab_i}) + H_{AExt}$$

4. Costos por capacitación de personal para la evaluación (CCPEva):

$$C_{CPEva} = \sum_{i=1}^n (T_{Hora_i} \cdot H_{Trab_i}) + G_{Aseg}$$

5. Costos por mantenimiento y verificación de los equipos y medios de medición (CMVMed):

$$C_{MVMed} = \sum_{i=1}^n (T_{Hora_i} \cdot H_{Trab_i}) + H_{ASRec}$$

6. Costos por conservación del producto e inspecciones a frigoríficos (CCPIFrig):

$$C_{CPIFrig} = \sum_{i=1}^n (T_{Hora_i} \cdot H_{Trab_i}) + \sum_{i=1}^k (T_{Hora_i} \cdot H_{Alq_i}) + G_{Aseg}$$

7. Costos por el uso de laboratorios externos (CULExt):

$$C_{ULExt} = \sum_{i=1}^n (T_{Hora_i} \cdot H_{Trab_i}) + H_{ASRec}$$

THora: tarifa horaria.	PMABx: peso del muestreo para análisis °Bx.
HTrab: horas trabajadas.	CCar: cantidad de carros.
URQui: unidades del reactivo químico.	CFrut: cantidad de fruta.
PRQui: precio del reactivo químico.	PMFru: peso de la muestra de frutas.
DEMed: depreciación de equipos de medición en el periodo.	PPFru: peso promedio de las frutas.
CPag: coeficiente de pago.	HAExt: honorarios de la auditoría externa.
PFru: precio de la fruta.	GAseg: gasto de aseguramientos.
LPFin: cantidad de lotes del producto final.	HAiq: horas de alquiler.
PPFin: precio del producto final.	HASRec: honorarios a abonar por servicios recibidos.

B. Costos de prevención

1. **Costo general de actividad de la calidad (CGACal):** en este costo deben incluirse los gastos de salario del Jefe de Departamento de Calidad, en revisiones del sistema de calidad, en la documentación de calidad y en la obtención de las normas técnicas. Al calcularse este costo debe tomarse como base la tarifa horaria y tenerse en cuenta las horas trabajadas en la actividad.
2. **Costos por capacitación del personal para la prevención (CCPPre):** a este se le incluyen los gastos en cursos internos, en cursos externos y en adiestramiento, así como otros gastos vinculados a los aseguramientos del proceso de capacitación en prevención.
3. **Costos de revisión de proveedores (CRProv):** son los gastos de salarios de los trabajadores implicados en la contratación y control de los proveedores, así como otros gastos de aseguramiento en los que se incurra para este propósito (combustible, transportación, etc.).
4. **Costos por revisión de procesos (CRProc):** se toman en consideración los gastos de salario del personal implicado en la revisión, así como otros costos que se generen para asegurar dichos procesos.
5. **Costos de programas y planes de aseguramiento de la calidad (CPPACal):** se incluyen los gastos de salario del personal que elabora los programas y planes, así como otros costos que se generen para su aseguramiento.
6. **Costos de revisión, análisis de fallos de las especificaciones y documentación (CRAFEDoc):** se miden los gastos para el personal que revisa la conformidad del sistema y elabora o reelabora la documentación. También tiene en cuenta al personal responsabilizado con la mejora continua del sistema y la propuesta e implantación de las medidas aprobadas.
7. **Costos de servicios de control de vectores (CSCVec):** se incluyen los gastos en la contratación de los servicios de control de vectores, la compra de insecticidas y la fumigación.

En la tabla 2 se muestran las propuestas de fórmulas para el cálculo de los costos de prevención.

TABLA 2: PROPUESTAS DE CÁLCULO PARA DETERMINAR LOS COSTOS DE PREVENCIÓN

Expresiones matemáticas para determinar los costos de prevención	
1. Costo general de actividad de la calidad (CGACal): CGACal = $\sum_{i=1}^n (\text{THora}_i \cdot \text{HTrab}_i) + \text{GDNTCal}$	
2. Costos por capacitación de personal para la prevención (CCPPre): CCPPre = $\sum_{i=1}^n (\text{THora}_i \cdot \text{HTrab}_i) + \text{GAseg}$	
3. Costos de revisión de proveedores (CRPro): CCRProv = $(\sum_{i=1}^n \text{THora}_i \cdot \text{HTrab}_i) + \text{GAseg}$	
4. Costos por revisión de procesos (CRProc): CRProc = $\sum_{i=1}^n (\text{THora}_i \cdot \text{HTrab}_i) + \text{GAseg}$	
5. Costos de programas y planes de aseguramiento de la calidad (CPPACal): CPPACal = $\sum_{i=1}^n (\text{THora}_i \cdot \text{HTrab}_i) + \text{GAseg}$	
6. Costos de revisión, análisis de fallos de las especificaciones y documentación (CRAFEDoc): CRAFEDoc = $(\sum_{i=1}^n \text{THora}_i \cdot \text{HTrab}_i) + \text{GRDINMed}$	
7. Costos de servicios de fumigación y control de vectores (CSFCVec): CSFCVec = $\sum_{i=1}^n (\text{HASRec}_i) + \text{GIns}$	
THora: tarifa horaria. HTrab: horas trabajadas. GDNTCal: gastos del departamento en documentación y en obtención de normas técnicas. GAseg: gastos de aseguramientos.	GRDINMed: gastos en la reelaboración de documentos e implementación de nuevas medidas. HASRec: honorarios a abonar por servicios recibidos. GIns: gastos de insumos.

C. Costos por fallas internas

1. **Costos por reinspección de la materia prima defectuosa (CRMPDef):** la materia prima se almacena en el silo de fruta hasta acumular los volúmenes pertinentes para su procesamiento. Durante el tiempo de almacenamiento, si es necesario, se le realizan análisis de laboratorio antes de procesarlas, para verificar los parámetros de calidad. Se incurre en costos relativos a salario del técnico en control de la calidad y gastos de reactivos para el análisis.
2. **Costos de reparaciones (CRep):** tiene en cuenta el gasto de salario del personal de mantenimiento que realiza la reparación y el costo de las piezas u accesorios de repuestos usados.
3. **Costos por desperdicios o mermas de la materia prima (CDMMPrim):** asociado al deterioro de la fruta en el silo y el destrío se incrementa por esta causa, o bien por roturas prolongadas o fenómenos climatológicos. Se consideran los costos de la materia prima y el salario del personal utilizado y los costos indirectos de producción por la merma existente.

4. **Costos por desperdicios o mermas en el proceso productivo (CDMPProd):** ocurren desperdicios o mermas generadas por la parada planificada cada 22 horas, para realizar la limpieza tecnológica. Además, están las mermas anormales por paradas prolongadas que deterioran el producto, desechándolo o reprocesándolo, así como las mermas por descuido de los operarios.
5. **Costos por productos dañados (CPDañ):** lotes que no cumplen con los requisitos del cliente o de la norma en cuanto a la microbiología y se deben vender por un valor de salvamento (a clientes que lo acepten) o desecharlos porque con ellos no se puede realizar otra operación. En este costo se incluyen gastos de materia prima, mano de obra directa y costos indirectos de producción.
6. **Costos por productos defectuosos (CPDef):** lotes que no cuentan con la calidad exigida por los clientes y deben de ser reprocesados para lograr la conformidad y comercializarlos como productos con calidad satisfactoria, incurriéndose en costos por fallas internas.

En la tabla 3 se muestran las propuestas de fórmulas para el cálculo de los costos por fallas internas.

TABLA 3: PROPUESTAS DE CÁLCULO PARA DETERMINAR LOS COSTOS POR FALLA INTERNAS

Expresiones matemáticas para determinar los costos por fallas internas:

1. Costos por reinspección de la materia prima defectuosa (CRMPDef):

$$CRMPDef = \sum_{i=1}^n (THora_i \cdot HTrab_i) + \sum_{j=1}^k (URQui_j \cdot PRQui_j) + DEMed$$

2. Costos de reparaciones (CRep):

$$CRep = \sum_{i=1}^n (THora_i \cdot HTrab_i) + CPARUsa$$

3. Costos por desperdicios o mermas de la materia prima (CDMMPrim):

$$CRep = \sum_{i=1}^n (THora_i \cdot HTrab_i) + CMPDes$$

4. Costos por desperdicios o mermas en el proceso productivo (CDMPProd):

$$CDMPProd = \sum_{i=1}^n (THora_i \cdot HTrab_i) + \sum_{i=1}^k (TVolum_i \cdot Pkg)$$

5. Costos por productos dañados (CPDañ):

$$CPDañ = \sum_{i=1}^n [(PVUnit - PUSalv) \cdot UPDef_i] + OGast$$

6. Costos por productos defectuosos (CPDef):

$$CPDef = \sum_{i=1}^n (THora_i \cdot HTrab_i) + GMEAREp + OGast$$

THora: tarifa horaria.

HTrab: horas trabajadas.

URQui: unidades del reactivo químico.

PRQui: precio del reactivo químico.

DEMed: depreciación de equipos de medición en el periodo.

CMPDes: costos de la materia prima desechada.

CPARUsa: costos de las piezas u accesorios de repuestos usados.

TVolum: kg de jugo cargado en el evaporador.

Pkg: precio por kg de jugo cargado en el evaporador.

UPDef: unidades de productos defectuosos.

PVUnit: precio de venta unitario del producto.

OGast: otros gastos asociados.

PUSalv: precio unitario de salvamento.

GMEAREp: gasto de materiales, energía y agua para el reproceso.

D. Costos por fallas externas

1. **Costos por disminución de precios (CDPrec):** incluyen los gastos por la diferencia de precio del producto final por no cumplir con los requisitos y no haberlo detectado en el proceso productivo.
2. **Costos por pérdidas evitables en el proceso (CPEProc):** se incluyen los gastos por faltantes, los ingresos dejados de percibir por incumplimiento del plan de venta en el periodo y por exceso de consumo por normas mal aplicadas.
3. **Costos por reclamaciones, reposiciones e indemnizaciones (CRRInd):** se incluyen los gastos por atención a las reclamaciones, los de muestreo y análisis de comprobación del producto y los de reposición del producto o indemnización en pagos realizados.
4. **Costos por devoluciones (CDev):** se incluyen los gastos de la recepción del producto devuelto y la sustitución por otro lote conforme. Se tiene en cuenta el costo del producto devuelto.
5. **Costos por litigios jurídicos (CLJur):** asociados al tiempo para resolver el litigio y los gastos en salario del jurídico.

En la tabla 4 se muestran las propuestas de fórmulas para el cálculo de los costos por fallas externas.

TABLA 4: PROPUESTAS DE CÁLCULO PARA DETERMINAR LOS COSTOS POR FALLA EXTERNAS

Expresiones matemáticas para determinar los costos por fallas externas:

1. Costos por disminución de precios (CDPrec):

$$\mathbf{CDPrec = (PVUnit - PRUnit) \cdot UPDef}$$

2. Costos por pérdidas evitables en el proceso (CPEProc):

$$\mathbf{CPEProc = UFPVent \cdot CUFProd + ECons}$$

3. Costos por reclamaciones, reposiciones e indemnizaciones (CRRInd):

$$\mathbf{CRRInd = \sum_{i=1}^n (THora_i \cdot HTrab_i) + UPRep \cdot PVUnit + GInd + OGast}$$

4. Costos por devoluciones (CDev):

$$\mathbf{CDev = CUPDev \cdot UPDev + OGast}$$

5. Costos por litigios jurídicos (CLJur):

$$\mathbf{CLJur = \sum_{i=1}^n (THora_i \cdot HTrab_i) + OGast}$$

THora: tarifa horaria.

HTrab: horas trabajadas.

UPDef: unidades de productos defectuosos.

PVUnit: precio de venta unitario.

PRUnit: precio de rebaja unitario.

CUFProd: costo unitario por faltante de producto.

UFPVent: unidades faltantes según plan de ventas.

ECons: exceso de consumo por normas mal aplicadas.

GInd: gastos de indemnización.

UPRep: unidades de producto repuesto.

PVUnit: precio de venta unitario del producto.

OGast: otros gastos asociados.

CUPDev: costo unitario del producto devuelto.

UPDev: unidades del producto devuelto.

E. Indicadores para la toma de decisiones

En la tabla 5 se presentan indicadores útiles para la toma de decisiones a partir del cálculo de diversos costos de calidad y de otros indicadores económico-productivos.

TABLA 5: INDICADORES PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA PRODUCCIÓN DE JUGOS CÍTRICOS CONCENTRADOS

Indicador	Expresión para el cálculo (en porcentaje)	Notación
Porcentaje de los costos de calidad respecto a las ventas totales: CC_VT	$CC_VT = \frac{CC}{VT} \cdot 100$	CC*: costos de calidad. VT: ventas totales.
Porcentaje de los costos de calidad respecto a los costos totales de producción: CC_CTP	$CC_CTP = \frac{CC}{CTP} \cdot 100$	CTP: costos totales de producción. CFI: costos de fallas internas.
Porcentaje de los costos por fallas internas respecto a los costos por gastos en salarios: CFI_CGS	$CFI_CGS = \frac{CFI}{CGS} \cdot 100$	CGS: costos por gastos en salarios.
Porcentaje de los costos de fallas externas respecto a los costos de calidad: CFE_CC	$CFE_CC = \frac{CFE}{CC} \cdot 100$	CFE: costos de fallas externas. CP: costos de prevención.
Porcentaje de los costos de prevención respecto a los costos de calidad: CP_CC	$CP_CC = \frac{CP}{CC} \cdot 100$	CE: costos de evaluación.
Porcentaje de los costos de evaluación respecto a los costos de calidad: CE_CC	$CE_CC = \frac{CE}{CC} \cdot 100$	*Los costos de calidad incluyen los costos de conformidad y los de no calidad.

En la tabla 6 se establecen comparaciones entre el periodo 2017 y 2016, posibilitando identificar los costos que más influyen en el costo total de las producciones de jugo cítrico concentrado.

TABLA 6: CÁLCULO DE LOS COSTOS DE CALIDAD E INDICADORES PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA PRODUCCIÓN DE JUGOS CÍTRICOS CONCENTRADOS, COMPARANDO LOS AÑOS 2017 Y 2016.

	costos de evaluación (\$)		costos de prevención (\$)		costos por falla internas (\$)		costos por falla externas (\$)		Indicadores (%)	
	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016
CInsp	1 644,26	1 732,64	CGACal	1434,36	CRMPDef	33,76	CDPrec	0,00	CC_VT	2,13
				1045,13		126,31		0,00		2,75
CMuest	1 369,42	1 456,31	CCPPre	157,67	CRep	672,27	CPEProc	0,00	CC_CTP	9,71
				63,12		1 803,32		12 245,54		15,13
CAudit	1 420,36	1 326,45	CRPro	237,58	CDMMPrim	28 965,87	CRRInd	23,09	CFI_CGS	3,60
				78,77		71 543,64		269,13		7,36
CCPEva	6,82	234,46	CRProc	241,34	CDMPProd	6 367,77	CDev	746,99	CFE_CC	0,68
				120,14		11 654,53		4 672,26		9,52
CMVMed	361,88	332,65	CPPACal	284,78	CPDañ	233,09	CLJur	0,00	CP_CC	3,55
				145,56		1 267,21		0,00		1,50
CCPIFrig	66 504,80	63 654,12	CRAFEDoc	183,09	CPDef	689,93			CE_CC	63,37
				107,69		4 634,11				38,54
CULExt	983,43	831,27	CSFCVec	1506,34						
				1145,22						
Totales	72 290,97	69 567,90		4045,16		36 962,69		770,08		
				2705,63		91029,12		17186,93		

4. Valoración cualitativa de la implementación parcial de los costos de calidad propuestos

La implementación de los costos de calidad en el 2017 en la UEB Industria, posibilitaron discernirlas siguientes fortalezas y debilidades:

- **Principales fortalezas alcanzadas:** a) personal altamente calificado y con vasta experiencia para el desempeño de sus funciones; b) mayor fortalecimiento del Sistema de Gestión de la Calidad, certificado con las Normas ISO 9000: 2008 que avalan las producciones de jugos cítricos; c) identificación de los PCC y de los costos de calidad que se generan en el proceso productivo y de comercialización; d) incremento de los costos de prevención, posibilitando una disminución de los costos por fallas internas y externas; e) perfeccionamiento de los mecanismos de control para la toma de decisiones, incrementando la productividad y el beneficio empresarial.
- **Principales debilidades existentes:** a) decremento de los volúmenes de materia prima (frutas cítricas) aportados por los productores; b) no utilización del cien por ciento de la capacidad instalada por insuficiencia del suministro de frutas cítricas; c) caducidad de algunas componentes de la tecnología para el procesamiento de los cítricos.

Se propuso a la alta dirección de la Empresa Agroindustrial “América Libre” lograr una mayor capacitación del personal que influye en los costos de calidad y disminuir los porcentajes de los costos de fallas internas y externas respecto a los costos de calidad.

Conclusiones

1. *Un diagnóstico realizado al proceso de gestión del sistema de costos de la producción de jugos cítricos concentrados en la UEB Industria, perteneciente a la Empresa Agroindustrial América Libre de Contramaestre, permitió corroborar la necesidad de diseñar procedimientos para el cálculo de costos de calidad para las referidas producciones como vía para avanzar en el perfeccionamiento de la gestión de calidad total en la referida UEB.*
2. *Se obtuvieron procedimientos para el cálculo de los costos de calidad en la producción de jugos cítricos concentrados, que fueron implementados durante el 2017, disminuyendo los costos por fallas internas y externas respecto al año 2016, lo que posibilitó disponer en la empresa de nuevas herramientas e informaciones para la toma de decisiones oportunas.*

Referencias bibliográficas

1. Firescu, V. y Popescu, J. (2015). The Costs of Quality: An Important Decision Tool. *International Journal in Economics and Business Administration*, 3(4), pp. 44-52.
2. Decreto 281 (2007). Reglamento para la implantación y consolidación del sistema de dirección y gestión empresarial estatal. *Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros*, República de Cuba. Recuperado de: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwicwpSfj5reAhVQwVkKHTy4CO0QFjAEegQIBhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.forum.villaclara.cu%2Findex.php%2Fanim-legislaciones%2Fcategory%2F16-decretos%3Fdownload%3D543%3Adecreto-no-281&usq=AOvVaw0cssOqS33hI09QhzZWaH1D>
3. Lavielle, S. (2014). El registro y control de los costos de calidad. Un análisis alternativo, en la fabricación de un producto exportable. *AFCEE*, 5, pp. 149-159.
4. Oakland, J. S. (2014). *Total Quality Management and Operational Excellence*. (4ta. ed.). New York: Routledge, Taylor & Francis Group.
5. Powell, T. C. (1995). Total Quality Management as competitive advantage: a review and empirical study. *Strategic Management Journal*, 16(1), pp. 15-37.
6. Ramos, Y., Acevedo, J. A., Ramírez, F y García, E. (2016). Modelo de gestión de la eficiencia basado en los costos de la calidad con enfoque generalizador. *Ingeniería Industrial*, 37(1), pp.59-69.
7. Shih, F., Shou, C., Chi, C. y Chi, W. (2015). Assessment and cultivation of total quality management organizational culture—an empirical investigation. *Total Quality Management & Business Excellence*, 26(2), pp. 123-139.
8. Valenzuela, L. (2016). Los costos de la mala calidad como quinto elemento del costo: aproximación teórica en la gestión de la competitividad en medio de la convergencia contable. *Rev. fac. cienc. econ.*, 24(1), pp. 63-84.
9. Vargas, M.E. y Aldana, L. (2014). *Calidad y servicio. Conceptos y herramientas*. (3ra. ed.). Bogotá: Ecoe Ediciones.