

Análisis sistémico del proceso de producción del queso de hebra basado en la Norma Oficial Mexicana NOM-183-SCFI en una procesadora de lácteos

Información de los Autores

Nombre: José Enrique Montoya Montes
Institución: TECNM/Tecnológico de Estudios Superiores Oriente del Estado de México
Email: montoyamontesjoseenrique@gmail.com
URL ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7268-7724>
Nombre: Humberto Dorantes Benavidez
Institución: TECNM/TESOEM/IPN
Email: humberto.dorantes@tesoem.edu.mx
URL ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1490-1873>
Nombre: Miguel Ángel Martínez Cruz
Institución: Instituto Politécnico nacional
Email: mamartinezc@ipn.mx
URL ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4431-9262>
Nombre: Marco Antonio Acosta Mendizábal
Institución: TECNM/TESOEM
Email: domila1631@gmail.com
URL ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7408-9808>
Nombre: Mauricio Chávez Pichardo
Institución: TECNM/TESOEM
Email: mauricio.chavez@tesoem.edu.mx
URL ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3378-0440>

Resumen—La procesadora de lácteos D' Martin enfrenta problemas de falta de estandarización en la producción de queso de hebra, lo que lleva a sobreproducción, inventario inconsistente, mermas y desperdicio. Esto afecta la satisfacción del cliente y la rentabilidad de la empresa. El estudio busca implementar un proceso estandarizado para optimizar la producción, reducir pérdidas y mejorar la calidad. Se utilizará un modelo de mejora continua basado en las 7 herramientas de la calidad. Se recopilarán datos históricos sobre el proceso de producción para identificar áreas de mejora. Se analizará la información utilizando las 7 herramientas (diagrama de Pareto, Ishikawa, etc.) y se diseñará un modelo para la elaboración del queso. Se realizará un análisis de tiempo y procesos, utilizando un cronómetro para medir el tiempo de las diferentes etapas de producción. El análisis del proceso actual revela una falta de estandarización en la materia prima, la temperatura, el tiempo y los niveles de acidez, entre otras variables. Se realizaron pruebas para determinar la cantidad óptima de materia prima y los tiempos adecuados para cada etapa. Los gráficos de control muestran una alta variación en la cantidad de queso producido. El diagrama de Pareto destaca la necesidad de mejorar las prácticas de higiene, control de temperatura y la estandarización de la materia prima.

Palabras clave: Calidad, Estandarización, Merma, Optimización, Producción.

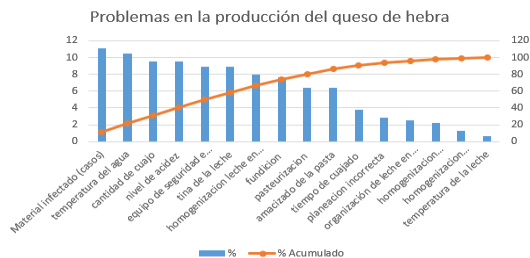
Abstract—The dairy processor D' Martin faces issues with a lack of standardization in the production of string cheese, leading to overproduction, inconsistent inventory, waste, and spoilage. This affects customer satisfaction and the company's profitability. The

study aims to implement a standardized process to optimize production, reduce losses, and improve quality. A continuous improvement model based on the 7 quality tools will be used. Historical data on the production process will be collected to identify areas for improvement. The information will be analyzed using the 7 tools (Pareto diagram, Ishikawa, etc.), and a model for cheese production will be designed. A time and process analysis will be conducted, using a stopwatch to measure the time of the different production stages. The analysis of the current process reveals a lack of standardization in raw materials, temperature, time, and acidity levels, among other variables. Tests were carried out to determine the optimal amount of raw materials and the appropriate times for each stage. Control charts show a high variation in the amount of cheese produced. The Pareto diagram highlights the need to improve hygiene practices, temperature control, and the standardization of raw materials.

Keywords: Quality, Standardization, Decrease, Optimization, Production.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente para las pequeñas empresas encargadas de elaborar productos lácteos es importante la implementación de la estandarización en los procesos de elaboración de quesos,



existiendo diferentes métodos para estandarizar un producto, para este trabajo se realizó una investigación en una pequeña empresa de lácteos con el fin de mejorar la producción y calidad del queso de hebra utilizando las 7 herramientas de la calidad, este análisis se elaboró con base a la materia prima principal siendo la leche de vaca. Las siete herramientas básicas de la calidad (7HB), implementadas a principios de la década de 1960 en Japón, son herramientas estadísticas ampliamente utilizadas en la mejora de la calidad y la productividad. A pesar de su sencillez aparente, su uso efectivo requiere un conocimiento preciso y una aplicación cuidadosa. Describe los errores más comunes cometidos involuntariamente por equipos de trabajo al aplicar las 7HB en proyectos de mejora. Estos errores, recopilados a través de la experiencia profesional y la observación en diversos proyectos de sectores público y privado, abarcan desde la falta de planificación y trabajo en equipo hasta la incorrecta interpretación de resultados [1].

La Gestión de la Calidad Total es crucial, integrando liderazgo, participación de empleados y mejora continua para lograr la excelencia. Principios clave incluyen el enfoque en el cliente, procesos eficientes, toma de decisiones basadas en datos y relaciones provechosas con proveedores. La alta calidad impulsa la competitividad, rentabilidad y diferenciación en un mercado global. Implementar un sistema de gestión de calidad es estrategia para el éxito a largo plazo, aunque implica desafíos como los costos iniciales y la resistencia al cambio. El éxito depende de un liderazgo firme, comunicación efectiva y el compromiso de toda la organización [2].

Según el departamento de gastroenterología con base con la norma 155-SCFI-2012, la leche tiene diferentes clasificaciones en dependiendo el tipo de grasa o la cantidad, proceso elaborado, tipo de calentamiento elaborado y modificación del sabor. Con lo cual existen diferentes denominaciones para el comercio los cuales son: a) leche pasteurizada, b) leche descremada, c) leche evaporada, d) leche en polvo, e) leche deslactosada [3].

II. METODOLOGÍA

Se tomó en consideración un periodo de tiempo de 35 días, tomando en cuenta la misma cantidad de materia prima utilizada en este fue: 1500 litros de leche de vaca, 100 kilos de leche en polvo y 25 kilos de manteca vegetal. El periodo de la muestra se tomó desde el día 10 de junio del 2024 al 23 de septiembre del 2024 (el lapso de tiempo fue mayor a la cantidad

de días que se tomaron en consideración para la muestra, debido a que no se utiliza la misma cantidad de materia prima en cada día de producción), como primer paso se realizó una lluvia de ideas con los 7 trabajadores en la producción del queso de hebra que se contaban en ese momento, la lluvia de ideas se basó en las posibles causas con el fin de buscar el problema que se encuentra en la elaboración del queso de hebra, una vez que se recopiló las opiniones de los trabajadores se elaboró el diagrama de causa-efecto, como se muestra en la Figura 1. Demostrando las causas que se repitieron con mayor frecuencia.

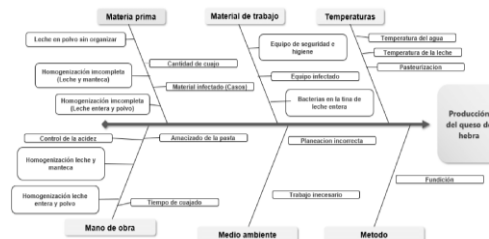


Figura 1. Diagrama de causa-efecto en la elaboración del queso de hebra

Con los datos obtenidos del diagrama causa-efecto en la Figura 1, se tomó cuales causas ocurren dentro de los 35 días con el fin de elaborar un diagrama de Pareto para enfocarse en la disminución de los problemas en la elaboración del queso de hebra, obteniendo los siguientes resultados:

- Material infectado-35 veces
- Temperatura del agua-33 veces
- Cantidad de cuajo-30 veces
- Nivel de acidez-30 veces
- Equipo de seguridad e higiene-28 veces
- Tina de la leche-28 veces
- Homogenización de la leche en polvo-25 veces
- Fundición -24 veces
- Pasteurización-20 veces
- Amacizado de la pasta-20 veces
- Tiempo de cuajado-12 veces
- Planeación incorrecta-9 veces
- Organización de leche en polvo-8 veces
- Homogenización incompleta manteca-7 veces
- Homogenización incompleta leche en polvo-4 veces
- Temperatura de la leche-2 veces

Con las cantidades que se obtuvieron de las causas en el proceso de elaboración, se elaboró el diagrama de Pareto, como se muestra en la Figura 2, demostrando las causas de mayor frecuencia que ocurren.

Figura 2. Diagrama de Pareto de las problemáticas en la elaboración del queso de hebra.

Cuando se recopiló la información de las causas dentro del proceso y se elaboraron los gráficos respectivos, se recopiló de igual manera la información de los kilos netos obtenidos por día de producción en los 35 días donde se reunió la información necesaria, con esta información se mostrará la falta de control en la elaboración del queso de hebra, estos datos se muestran en la tabla 1 y en la Figura 3, se mostrará la falta de control en el proceso.

Tabla 1. Recopilación de kilos netos obtenidos en la elaboración del queso de hebra

Semanas	Datos 1	Datos 2	Datos 3	Datos 4	Datos 5
1	346.3	330.7	342.9	355.0	319.8
2	325.5	323.0	356.9	332.8	327.3
3	339.1	328.0	356.0	349.1	324.2
4	353.5	341.5	329.9	329.4	338.0
5	359.0	343.5	315.5	341.5	341.9
6	321.6	317.8	315.3	345.6	331.7
7	341.0	341.0	321.0	325.0	332.0

Con los kilos netos obtenidos se organizaron los datos de 7 semanas, contando 5 días por semana, debido al periodo de producción semanal, estos datos se tomó en cuenta con la misma cantidad de materia prima, utilizando 1500 litros de leche de vaca, 100 kilos de leche en polvo, 25 kilos de manteca vegetal y se utilizó una báscula industrial, donde el queso de hebra fue depositado en rejas de plástico para una mejor organización y mayor movilidad con el producto. Cuando el producto terminado es colocado en la bascula se toma en consideración un peso de 2.5 kilos para cada reja, para obtener el kilo neto diario de producción, se resta la cantidad de rejas por el peso de cada para obtener los datos de la tabla 1.

Para demostrar la falta de control en el proceso se realizo un gráfico de control con la información de los kilos netos obtenidos como se muestra en la Figura 3, para dar a conocer la falta de organización en la elaboración del queso.

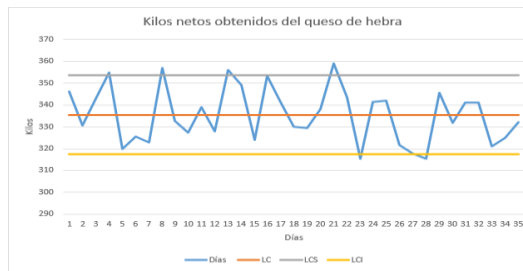


Figura 3. Gráfico de control de los kilos netos diarios obtenidos en la elaboración del queso de hebra.

Como se puede observar en la Figura 3, no existe un control en la elaboración del queso de hebra, resaltando que la mayoría de los datos se encuentran fuera del límite central y también fuera de los límites de control establecidos, existiendo una varianza de más de 20 kilos de queso de hebra.

Con el fin de reforzar la información de los gráficos de control se elaboró un histograma para demostrar la varianza existente entre los kilos obtenidos, utilizando los datos del gráfico de control, se obtuvo el siguiente gráfico.

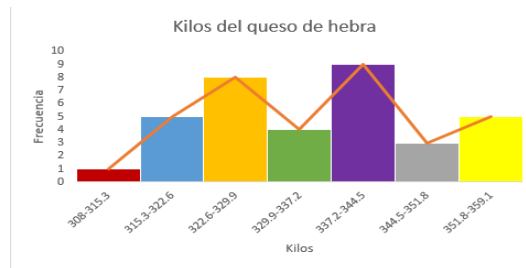


Figura 4. Histograma de los kilos del queso de hebra

Para elaborar las pruebas en el proceso de producción se definió primero las áreas donde existe mayor varianza en tiempo, debido a como prepara la materia prima el trabajador y su estilo de trabajo para cada actividad, es por ello por lo que se decidió tomar como método de prueba los siguientes procesos:

- Homogeneización
- Nivel de acidez
- Amacizado del queso
- Fundición del queso
- Cuajo en la leche
- Enredar queso

Cada uno de estos procesos presenta una variación de tiempo y consistencia en la materia prima dependiendo del trabajador o la cantidad de materia prima utilizada. A continuación se mostrará los métodos de prueba realizado para la recopilación de datos.

Homogeneización

Para este proceso se necesitan 3 materias primas para conseguir una correcta homogeneización los cuales son: leche, manteca vegetal y monogrol (un químico para dar mejor consistencia al queso de hebra), para preparar estos 3 materiales se requiere un calentador para depositar la manteca vegetal para posteriormente derretir la manteca y añadir 1.4 kg de monogrol a la manteca (tiempo estimado 10 minutos).

El siguiente análisis se realizó con base a la cantidad de leche de vaca utilizada, para preparar la leche se necesita un recipiente para depositar una cantidad de leche para elevarlo a una temperatura de 65°C (tiempo estimado 2 minutos), cuando tenemos toda la materia prima lista, es necesario preparar el homogeneizador con 10 litros de agua a 70°C, una vez que el homogeneizador esté listo, se deposita la leche de vaca y la manteca derretida con monogrol al homogeneizador.

A continuación se mostrará los resultados de tiempo obtenido en base a la cantidad de leche utilizada y tomando como medida un recipiente de 20 litros para el depósito de la leche homogeneizada, midiendo tiempo, consistencia y reacción de la leche:

- 80 litros de leche de vaca:
 - Tiempo: 10 minutos
 - Densidad: nivel 16 (se utilizó un lactómetro)
 - Reacción: la manteca no logró homogeneizar
- 100 litros de leche de vaca:
 - Tiempo: 5 minutos
 - Densidad: 14.5
 - Reacción: ninguna
- 120 litros de leche de vaca:
 - Tiempo: 5 minutos
 - Densidad: 14
 - Reacción: ninguna

Con base a los resultados obtenidos se demuestra que utilizar 80 litros de leche de vaca o menos es la peor opción para homogenizar, debido a que demora más tiempo en terminar el proceso y provocando que la materia prima no este correctamente homogeneizada, ocasionando que la manteca se separe en el proceso de cuajado, quitando consistencia y rendimiento al queso de hebra obtenido.

Nivel de acidez

Para la medición de la acidez, se considerará la norma oficial mexicana NOM-183-SCFI-212, en el apartado 8, tomando como referencia los materiales utilizados en la norma para aplicarlo en la procesadora de lácteos D' Martin. Actualmente utilizan 15 o 16 litros de agua y 4 litros de ácido acético, pero con base a la cantidad de leche en polvo utilizado, y en ocasiones sin medir el nivel de acidez natural con el que llega la leche de vaca.

Para esta prueba se utilizó 100 litros de leche como prueba, 1 litro de agua y una cantidad de ácido acético, dependiendo del nivel de acidez, esta prueba se realizó en 10 días, con un nivel de acidez natural estable y 2 días con un nivel de acidez natural alto, tomando esta medida del método de Thorner para determinar estos resultados, un nivel de acidez natural estable

se encuentra en 1.5° Thorner a 1.9° Thorner en el cual se considera una leche dulce y un nivel de acidez natural alto se encuentra de 2.1° Thorner hasta el límite que soporte la leche antes de cortarse (Para colocar ácido acético tener un límite de 3.0° Thorner para no perder la materia prima).

Con el fin de obtener una resistencia en el queso de hebra para el proceso de fundición es necesario elevar la acidez de la leche preparada hasta un nivel de 70° Thorner.

Tabla 2. Pruebas de nivel de acidez para el queso de hebra

Día	Nivel de acidez	Agua utilizada	Ácido acético	Acidez alcanzada
1	1.8°	1 Lt	0.26 Lt	6.8°
2	1.8°	1 Lt	0.28 Lt	6.9°
3	1.9°	1 Lt	0.28 Lt	7.0°
4	1.8°	1 Lt	0.30 Lt	7.1°
5	1.7°	1 Lt	0.30 Lt	6.9°
6	1.5°	1 Lt	0.34 Lt	6.9°
7	1.8°	1 Lt	0.29 Lt	7.0°
8	1.8°	1 Lt	0.29 Lt	7.0°
9	1.8°	1 Lt	0.29 Lt	7.0°
10	1.9°	1 Lt	0.28 Lt	7.0°

Como se puede observar en la tabla 2, estos son los resultados obtenidos para la preparación de la acidez y disminuir los riesgos de obtener una pérdida de materia prima.

Cuajo

Cuando la leche se terminó de preparar con la homogeneización, leche en polvo y el nivel de acidez, se prepara una solución de cuajo el cual lleva 3 litros de agua y una cantidad de cuajo que se establece en las indicaciones del producto. Siguiendo las recomendaciones de uso del cuajo que viene en el producto se establece que se debe de utilizar el 10% a la cantidad de la leche, es decir, 100 ml por cada 1000 litros de leche utilizada, pero eso solamente se aplica cuando la leche se mantiene pura, sin añadir leche en polvo, manteca y manteniendo un nivel de acidez normal.

Para esta prueba se utilizó 15 litros de leche, 1 kilo de leche en polvo y 250 gr de manteca vegetal, para descubrir la cantidad de cuajo que debe de ser utilizada.

Con base a los resultados obtenidos en la tabla 3, se determinó que la mejor manera de medir la cantidad de cuajo para el queso de hebra es utilizar el 10% de la cantidad de leche de vaca y el 5% de leche en polvo (en la leche en polvo se toma en consideración la cantidad de leche que se utilizó para un kilo de leche en polvo, en este caso se utiliza 10 litros por cada litro de leche en polvo, es decir por cada 100 kilos de leche en polvo se tomaría el 5% de 1000).

A continuación se mostrará los resultados obtenidos en la tabla 3.

Tabla 3. Pruebas de cantidad cuajo utilizados

Día	% Utilizado	Cantidad de cuajo	Tiempo de cuajado	Consistencia
1	10% de leche 10% de polvo	1.6 ml de cuajo	5 minutos	Se cortó la leche, la cantidad de cuajo se excedió
2	10% de leche 9% de polvo	1.59 ml de cuajo	5 minutos	Muy blando. No resistió la pasta el corte
3	10% de leche 8% de polvo	1.58 ml de cuajo	5 minutos	Blando. Resiste el corte de la pasta pero no resiste el agua caliente
4	10% de leche 7% de polvo	1.57 ml de cuajo	5 minutos	Blando. Resiste el corte de la pasta pero no resiste el agua caliente
5	10% de leche 6% de polvo	1.56 ml de cuajo	5 minutos	Un poco sólido. Resiste el corte de la pasta y el agua caliente, no resiste mucho tiempo el agua caliente
6	10% de leche 5% de polvo	1.55 ml de cuajo	5 minutos	Sólido y cremoso. Resiste el proceso del corte y se puede fundir sin complicaciones

Amacizado de la pasta del queso de hebra

Este proceso consiste en utilizar un rastrillo de aluminio para mover la pasta del queso de hebra y el suero que se encuentran en la tina después del cuajado, en este caso se tomó de muestra la cantidad 1500 litros de leche de vaca, 100 kilos de leche en polvo, 25 kilos de manteca vegetal y 17 kilos de crema vegetal. Primero, se tomó el tiempo de los 7 trabajadores en este proceso para determinar el mejor tiempo. Los cuales se muestran a continuación.

- Trabajador 1: 45 minutos, pasta del queso correcta (en varias ocasiones floja)
- Trabajador 2: 45 minutos, pasta del queso correcta (en varias ocasiones floja)
- Trabajador 3: 60 minutos, pasta del queso un poco floja o muy dura
- Trabajador 4: 50 minutos, pasta del queso un poco floja
- Trabajador 5: 50 minutos, pasta del queso un poco floja
- Trabajador 6: 70 minutos, pasta del queso muy dura
- Trabajador 7: 80 minutos: pasta del queso dura o muy floja

Se determinó que el trabajador 1 y 2 son los mejores para desempeñar este proceso, en el cual con la ayuda de un lactómetro, se medirá la densidad del suero que se separa de la pasta del queso de hebra. Se determinó que si se utilizó una leche con un nivel de densidad de 10, 1500 litros de leche, 100 kilos de leche en polvo, 25 kilos de manteca vegetal, 17 kilos de crema vegetal, nivel de acidez correcto, y la utilización del

cuajo correcta, el suero obtenido tendrá un nivel de densidad de 11.

En esta prueba nos enfocaremos en la densidad del tiempo, dejando de un lado el tiempo obtenido, se tomó muestra de 4 productos que cumplen con la cantidad de materia prima utilizada anteriormente mencionada, a continuación se mostraran los resultados obtenidos.

- Con una densidad de nivel 11.1 y una textura sólida cremosa, se utilizó agua a una temperatura incorrecta, consiguiendo una pasta sin densidad y cruda.
- Con una densidad de nivel 11.2 y una textura sólida, se utilizó agua a una temperatura de 72°C, consiguiendo una textura sólida y elástica, teniendo una fundición correcta.
- Con una densidad de nivel 11.3 y una textura muy sólida, se utilizó agua a una temperatura de 74°C, se consiguió una fundición con complicaciones para estirar.
- Con una densidad de nivel 11.4 y una textura demasiado sólida, se utilizó agua a una temperatura de 77°C, consiguiendo una pasta seca y sin elasticidad, con el riesgo de lastimar a uno de los trabajadores por utilizar agua muy caliente.

Fundición del queso de hebra

Con el fin de conseguir la conocida hebra en el queso, es necesario un proceso llamado fundición, el cual consiste en utilizar agua caliente con la pasta del queso de hebra obtenido después del amacizado. El cual, este proceso dentro de la procesadora de lácteos D' Martin, utilizan 80 litros de agua caliente (40 litros de agua caliente para preparar la pasta y 40 litros para fundir la pasta) y un promedio de 80 kilos de pasta de queso.

Actualmente en la medición de temperatura para la fundición ha sido un problema dentro de la pequeña procesadora de lácteos, esto debido porque la temperatura al no ser la adecuada, la textura obtenida en el queso terminado puede variar mucho o en el peor de los casos arruinar el queso por utilizar un agua con mayor temperatura que resista la pasta del queso.

Para esta prueba se medirá cuanto tiempo puede resistir la pasta del queso con la cantidad de agua establecida, en este caso se utilizarán 8 kilos de pasta de queso y 8 litros de agua caliente a 71°C. se realizaron dos pruebas con estos datos, medir la cantidad de tiempo de la pasta del queso con el agua caliente sin utilizar el proceso realizado en la fundición (prueba 1) y en el otro caso utilizando el proceso utilizado en la fundición (prueba 2).

- Prueba 1
 - ◆ 5 minutos: mantiene una textura sólida y comienza a hacer elástica la pasta.
 - ◆ 10 minutos: la textura se vuelve elástica.
 - ◆ 15 minutos: la textura pierde elasticidad pero la acidez comienza a subir.
 - ◆ 20 minutos: la textura se volvió dura y se percibe un olor ácido en la pasta.

- Prueba 2
 - ◆ 5 minutos: mantiene una textura áspera y comienza a volverse una pasta lisa
 - ◆ 10 minutos: se observa una consistencia lisa, pero blando por dentro (Crudo).
 - ◆ 15 minutos: la pasta mantiene una consistencia sólida y elástica, teniendo una textura interna sólida.
 - ◆ 20 minutos: la textura se vuelve muy dura, existe un posible riesgo de subir la acidez si se añade más agua caliente con el fin de recuperar la textura sólida y elástica.

CONCLUSIONES

Durante la elaboración de este trabajo, se propone la estandarización del proceso de producción de queso de hebra en Lácteos D' Martin, basándose en la Norma Oficial Mexicana NOM-183-SCFI. El proceso actual carece de estandarización, lo que resulta en sobreproducción, inventario inconsistente, mermas significativas e insatisfacción del cliente. El estudio utiliza las 7 herramientas de la calidad para identificar las debilidades y diseñar un modelo de mejora continua. El análisis de datos, incluyendo cartas de control y diagramas de Pareto, destaca áreas clave de mejora como el control del nivel de acidez, la homogeneización adecuada, la cantidad de cuajo utilizada y la estandarización del tiempo de amasado de la pasta. La solución propuesta busca reducir el desperdicio, mejorar la consistencia del producto y aumentar la satisfacción del cliente, mejorando en última instancia la sostenibilidad y rentabilidad de la procesadora de lácteos.

REFERENCIAS

- [1] Escamilla M y otros, Errores comunes al utilizar las 7 herramientas básicas de la calidad (2023) (65) *Conciencia Tecnológica* 73
- [2] Gabriel Alejandro Diaz Muñoz y Diego Alfredo Salazar Duque, La calidad como herramienta estratégica para la gestión empresarial (2021) (39) *PODIUM* 19, pp.20-29
<http://dx.doi.org/10.31095/podium.2021.39.2>
- [3] Domínguez U y otros, Posición técnica sobre la leche y derivados lácteos en la salud y en la enfermedad del adulto de la Asociación Mexicana de Gastroenterología y la Asociación Mexicana de Gerontología y Geriatria." (2019) 3(84) *Revista de Gastroenterología de México*, 357-371.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rgmex.2019.03.002>
- [4] Alais C, *Ciencia de la Leche*, (1991), Reverte, pp 10-20