

MEDICIÓN DE LA PÉRDIDA DE PRODUCTO EN LA FABRICACIÓN INDUSTRIAL DE TORTILLAS

PRESENTACIÓN

Somos un grupo de Estudiantes de la Facultad de Ingeniería, del segundo año de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Rafael Landívar, Campus de Quetzaltenango. Nuestro objetivo es la aplicación de un modelo estadístico para profundizar en el conocimiento de un proceso y facilitar su análisis. Un objetivo complementario del estudio es conocer y estudiar la producción en pequeñas y medianas industrias, establecer su proceder y la identificación de procedimientos necesarios para la mejora.

Para un desarrollo integral como estudiantes creemos que es importante realizar actividades y proyectos prácticos, en los cuáles se tiene la oportunidad de estar inmersos y conocer de cerca los procesos de distintas industrias; a partir de ello medir y analizar distintos fenómenos que ocurren para buscar alternativas de solución.

Por su parte, la Ingeniera Industrial Ana Celia de León Sandoval, nuestra catedrática del curso Ingeniería Primero, en el año 2005 realizó una evaluación de la metodología estadística utilizada en en desarrollo de las tesis, con el propósito de brindar soluciones a la mejora de la calidad de las mismas. Considera que fomentar la investigación en los estudiantes universitarios, desde los primeros años, fortalece la competencia investigativa, que diferenciará a los egresados en su ejercicio profesional.



Foto: Lester Fuentes

En este contexto nace la presente investigación aplicada al proceso semi-industrializado de fabricación de tortillas, como un aporte metodológico para el estudio de nuestra realidad nacional.

El Equipo de Trabajo

Quetzaltenango, julio de 2008

INTRODUCCIÓN

Muchos fenómenos suelen regirse a través de un tipo de modelo específico de distribución de probabilidades, como es el caso de la distribución normal que dentro de su curva concentra el valor máximo de probabilidad que corresponde a él y que divide probabilidades para diferentes valores de variables discretas con ciertas propiedades que deben cumplir los experimentos que se rigen en ella.

A continuación se presenta el planteamiento de un experimento, que trata de la probabilidad existente en el proceso de fabricación industrial de tortillas, que una tortilla se doble o enrolle, debido a que esto implica pérdidas para el productor así como la intervención de mano de obra para tratar de enmendar dichos errores técnicos, tratando de realizar una aproximación normal a la binomial para valor medio mayor a cinco.

Además se presentan tablas para poder realizar una comparación entre el valor estimado a través de la binomial y el valor aproximado a través de la normal.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En los últimos años la demanda de las tortillas de maíz en la sociedad ha incrementado por lo que las personas se han visto en la necesidad de buscar alternativas que faciliten la fabricación de las mismas en volumen; por lo que se hace uso de maquinaria especializada para este proceso. Este tipo de maquinaria aparece comercialmente hacia los años 1884 y sólo sirvieron para facilitar el trabajo de las mujeres y lograr que agilizaran la producción.

El estudio del funcionamiento de la maquinaria especializada provee las pautas para la observación del proceso como medio para determinar las acciones que deben tomarse hacia la optimización de la producción y obtener un rendimiento superior. El proceso se basa en las siguientes partes: El maíz nixtamalizado sale del molino (que es una máquina independiente) y pasa a la parte de la tortilladora que lo amasa y refina. Esto se logra mediante un par de rodillos que crean una cortina continua de masa a la que después otro rodillo troquelado corta en secciones redondas, mientras otro dispositivo recoge los sobrantes de masa. Finalmente, estas tortillas crudas son depositadas en una banda metálica de movimiento infinito donde comienza su proceso de cocción (28 segundos por un lado y unos 13 por el otro) y que las conduce hacia la salida de la máquina.

Con base a este conocimiento, se toma a consideración el fenómeno y a partir de la observación y distintos cálculos; la determinación de la Pérdida o Rechazo de masa en cada ciclo de la producción; entendiendo el parámetro como la proporción de la pérdida o el rechazo en el punto crítico de la fabricación industrial de tortillas, este en el momento de la salida de las tortillas por la banda transportadora; como medio para una mejora en el proceso productivo. Así mismo poder determinar las causas que originan que una tortilla se doble, deteriore o quiebre en el proceso de salida de la banda transportadora de la máquina. ¿Qué proporción de la Producción se pierde en el Proceso? ¿Cuáles son los aspectos a

considerar para la construcción de un modelo estadístico de la proporción de producción que se pierde en el proceso de fabricación de tortillas industriales?

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

GENERAL

Analizar el proceso de Fabricación Industrial de Tortillas en la salida de la banda para el establecimiento de la pérdida que genera tortillas dobladas y un modelo estadístico como punto de partida para optimizar la producción y obtener un rendimiento superior.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estudiar el proceso de Fabricación Industrial de Tortillas en la salida de la banda transportadora del producto terminado.
2. Medir la cantidad de unidades defectuosas.
3. Construir un modelo estadístico del fenómeno.
4. Determinar las Causas de la Pérdida de Producción.

MARCO TÉORICO

DISTRIBUCIÓN BINOMIAL

En estadística, la distribución binomial es una distribución de probabilidad discreta del número de éxitos en una secuencia de n experimentos independientes, cada uno de los cuales tiene probabilidad θ de ocurrir. La distribución de Bernoulli es una distribución binomial con $n = 1$. Su función de masa de probabilidad está dada por:

$$b(x; n, \theta) = \binom{n}{x} \theta^x (1 - \theta)^{n-x}$$

para $x = 0, 1, 2, \dots, n$

siendo $\binom{n}{x} = \frac{n!}{x!(n-x)!}$ las combinaciones de n en x (elementos tomados de x en x)

Ilustración. Por ejemplo, la distribución binomial se usa para encontrar la probabilidad de sacar 5 caras y 7 cruces en 12 lanzamientos de una moneda.

Se debe definir la variable x : "probabilidad de sacar cara en un lanzamiento de moneda". En este caso se tiene que $x = 5$, $n = 12$, $\theta = 0.5$

Y resulta:

$$b(5;12;0.5) = \binom{12}{5} 0.5^5 (1-0.5)^{12-5} = (792)(0.03124)(0.0078125)$$

$$b(5;12;0.5) = 0.193359375$$

Su media y su varianza son:

$$\mu = n \theta = 6.0$$

$$\sigma^2 = n \theta (1 - \theta) = 3.0$$

EXPERIMENTO BINOMIAL

La variable aleatoria binomial y su distribución están basadas en un experimento que satisface las siguientes condiciones:

- El experimento consiste en una secuencia de n intentos, donde n se fija antes del experimento.
- Los intentos son idénticos, y cada uno de ellos puede resultar en dos posibles resultados, que se denotan por éxito (S) o fracaso (F), es decir $p(S) + p(F) = 1$.
- Los intentos son independientes, por lo que el resultado de cualquier intento en particular no influye sobre el resultado de cualquier otro intento.
- La probabilidad de éxito es constante de un intento a otro.

Siguiendo estas premisas, la variable aleatoria binomial X está definida como $X =$ el número de S entre los N intentos.

APROXIMACIÓN BINOMIAL – NORMAL

Una distribución binomial $B(n,p)$ se puede aproximar por una distribución normal, siempre que n sea grande y p no esté muy próxima a 0 o a 1. La aproximación consiste en utilizar una distribución normal con la misma media y desviación típica que la distribución binomial.

En la práctica se utiliza la aproximación cuando: $n \geq 30$; $p \geq 5$; $q \geq 5$

en cuyo caso:
$$X \equiv B(n, p) \approx N(\mu = np, \sigma = \sqrt{npq})$$

y tipificando se obtiene la normal estándar correspondiente:

$$t = \frac{X - np}{\sqrt{npq}} \approx N(0,1)$$

MEJORA CONTINUA

La continua mejora de la capacidad y resultados de la organización, debe ser el objetivo permanente de la organización.

La excelencia, ha de alcanzarse mediante un proceso de mejora continua. Mejora, en todos los campos, de las capacidades del personal, eficiencia de la maquinaria, de las relaciones con el público, entre los miembros de la organización, con la sociedad. Y cuanto se les ocurra, que pueda mejorarse en una empresa, y redunde en una mejora de la calidad del producto. Que equivale a la satisfacción que el consumidor obtiene de su producto o servicio.

Técnicamente, puede haber dos clases de mejora de la calidad. Mediante un avance tecnológico, o mediante la mejora de todo el proceso productivo. A la hora de mejorar, debe centrarse en algunos aspectos, sin dispersar esfuerzos.

Puede y deben considerarse como un tipo más de proceso. Y es posible aplicar varios procedimientos diferentes de aumento de la calidad en el mismo periodo temporal. Siempre que los procesos sean independientes. Es posible conseguirlos mediante departamentalización y segmentación. Coordinados por mismo controles y supervisión superiores. De este modo, se puede mejorar rápidamente el conjunto de la organización. Pero moderadamente y con precaución, y sin perder de vista las condiciones previstas para la obtención de datos.

Si tecnológicamente no se puede afinar, o no tiene un coste razonable, la única forma de perfeccionar el producto, es mediante un sistema de mejora continua. Siempre hay que intentar optimizar los resultados. Lo que lleva aparejada una dinámica continua de estudio, análisis, experiencias y soluciones, cuyo propio dinamismo tiene como consecuencia un proceso de mejora de la satisfacción del cliente.

Los procesos de modernización y renovación. Deben tomarse dentro del sistema de una manera estratégica. Considerarlas al más largo plazo previsible que se pueda planificar, según las previsiones obtenidas del análisis de los datos.

La mejora continua, puede ser entendida como "mejora mañana lo que puedas mejorar hoy, pero mejora todos los días". Alcanzar los mejores resultados, no es labor de un día. Es un proceso progresivo en el que no puede haber retrocesos. Han de cumplirse los objetivos de la organización, y prepararse para los próximos requerimientos superiores. Por lo que se necesitará obtener un rendimiento superior en las tareas y resultados del conjunto de la organización.

Es mejor mejorar un poco día a día, y tomarlo como hábito, que dejar las cosas tal como están, tener altibajos. Lo peor es un rendimiento irregular. Con estas últimas situaciones, no se pueden predecir los resultados de la organización, porque los datos e información, no es fiable ni homogénea. Como conclusión, sin mejora continua no se puede garantizar un nivel de calidad. Tomar decisiones acertadas ni cumplir las metas y objetivos.

Una última cuestión, acerca de este punto y aclaración es cuando se detecta un problema. La respuesta y solución, ha de ser inmediata. No se puede demorar, pues podría originar consecuencias desastrosas. Por ejemplo, acciones de la competencia. Problemas con los suministradores, con la maquinaria y con el personal.

Cuando estos problemas son predecibles o en alguna forma esperados. Si que es posible incluirlos en el plan estratégico. Por ejemplo índices estadísticos de Averías u otras incidencias. Se puede planificar para modificar los resultados o prever la situación y estar preparado para ella.

Cuando los problemas no son predecibles. No es posible incluirlos en el plan estratégico. Catástrofes, huelgas, crisis económicas puntuales. U otros menos globales como problemas con los proveedores, de personal, con la distribución.

DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

Los Diagramas Causa-Efecto ayudan al estudio sobre todas las causas reales y potenciales de un suceso o problema, y no solamente en las más obvias o simples. Además, son idóneos para motivar el análisis y la discusión grupal, de manera que cada equipo de trabajo pueda ampliar su comprensión del problema, visualizar las razones, motivos o factores principales y secundarios, identificar posibles soluciones, tomar decisiones y, organizar planes de acción.

El Diagrama Causa-Efecto es llamado usualmente Diagrama de "Ishikawa" porque fue creado por Kaoru Ishikawa, experto en dirección de empresas interesado en mejorar el control de la calidad; también es llamado "Diagrama Espina de Pescado" porque su forma es similar al esqueleto de un pez: Está compuesto por un recuadro (cabeza), una línea principal (columna vertebral), y 4 o más líneas que apuntan a la línea principal formando un ángulo aproximado de 70° (espinas principales). Estas últimas poseen a su vez dos o tres líneas inclinadas (espinas menores), y así sucesivamente (espinas menores), según sea necesario.

Método de las 5 M

Conforme al presente método se procede a analizar el problema y a definir las posibles causas, generalmente este proceso se realiza con el grupo de trabajo encargado de la resolución del problema. Para la aplicación de este método se sigue un orden para considerar las causas de los problemas, partiendo de la premisa que estas, están agrupadas según cinco criterios y por ello se denomina de las 5 M.

Las M corresponden a: • Máquinas • Mano de Obra • Métodos • Materiales • Medio Ambiente. Las 5 M suelen ser generalmente un punto de referencia que abarca casi todas las principales causas de un problema, por lo que constituyen los brazos principales del diagrama causa-efecto.

PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TORTILLAS INDUSTRIALES

Historia

La hechura de tortillas en Mesoamérica tiene aproximadamente unos tres mil años de antigüedad. Sin embargo, cerca del inicio de nuestra era las tortillas ya eran un alimento fundamental de nuestras culturas indias, que para hacerlas habían desarrollado la nixtamalización de los granos del maíz. Con la llegada de los conquistadores en el siglo XVI, las tortillas adquirieron su actual nombre y se convirtieron en alimento esencial de las familias mestizas e incluso peninsulares. La utilización de artefactos que ayudaran a una producción más rápida y eficiente de tortillas pudo tener su origen en los siglos XVII y XVIII, pero se trataba de enseres hechos de madera que, a falta de una superficie lisa y flexible que ayudara a despegar la masa previamente prensada, no llegaron a sustituir al tradicional palmeo que suele dar forma y espesor a las tortillas caseras.

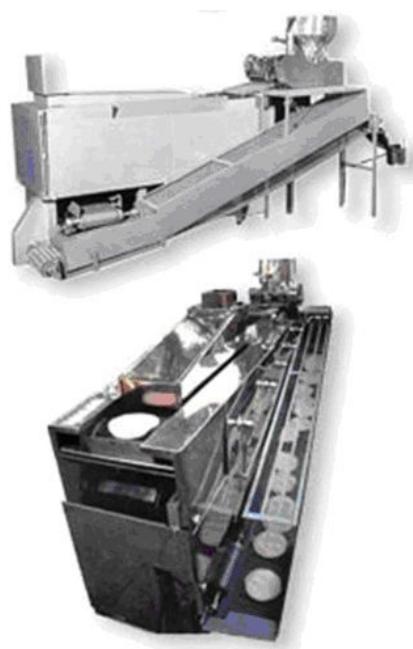
Maquinaria

Las máquinas manuales para hacer tortillas comenzaron a aparecer comercialmente hacia 1884, sólo sirvieron para facilitar el trabajo de las mujeres y lograr que agilizaran la producción. Hacia 1910 aparecieron los primeros ingenios mecánicos basados en el uso de rodillos y troqueles; en 1920 la primera tortilladora de gas. Durante las primeras décadas del siglo XX la competencia por desarrollar una tortilladora automática eficiente fue muy reñida.

Funcionamiento

Su funcionamiento se basa en diferentes partes del proceso: el maíz nixtamalizado sale del molino (que es una máquina aparte) y pasa a la parte de la tortilladora que lo amasa y refina. Esto se logra mediante un par de rodillos que crean una cortina continua de masa a la que después otro rodillo troquelado corta en secciones redondas mientras otro dispositivo recoge los sobrantes de masa. Finalmente, estas tortillas crudas son depositadas en una malla metálica de movimiento infinito donde comienza su proceso de cocción (28 segundos por un lado y 13 por el otro) y que las conduce hacia la salida de la máquina.

Las tortilladoras automáticas producen diariamente cientos de toneladas de tortillas para todo tipo de público. Existe una fuerte competencia entre las industrias diseñadoras de este tipo de maquinaria; una máquina de última generación es capaz de producir 6000 tortillas por hora, equivalente a unos 200 kilogramos, con un gasto de apenas 5 litros de gas.



Fuente: NAVATEC. <http://www.nixtamalmx.com/08.htm>

RESULTADOS

La medición del proceso de fabricación de Tortillas Industriales se tomó en la tortillería “LA FE”, ubicada en la ciudad de Quetzaltenango en la 19 avenida, frente al colegio Nuevo Mundo. Los resultados que se obtuvieron y sirvieron para la determinación del modelo estadístico en relación al análisis de la medición de la fabricación Industrial de Tortillas en la salida de la banda transportadora de la máquina para el establecimiento de la pérdida que genera tortillas dobladas son los siguientes:

Datos

A continuación se presenta varias tablas, para diferentes tamaños de muestras con valores aproximados de probabilidad que una tortilla se doble, evaluados de 0 a n a través de la función de probabilidad acumulada en el caso de las calculadas con la binomial y a través de la aproximación a la normal en el caso de n con media mayor o igual a cinco.

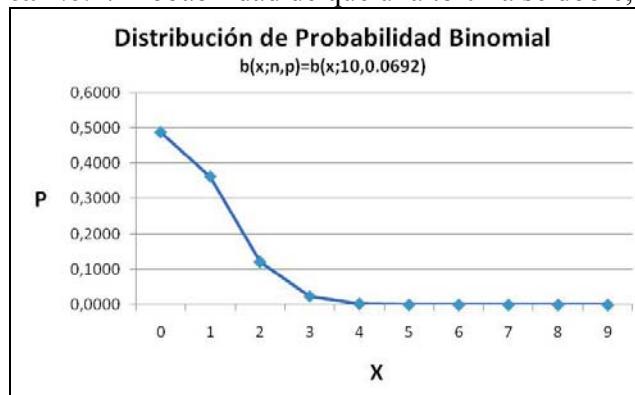
Primera Experiencia

$$\begin{aligned} n &= 10 \text{ unidades} \\ p &= 0.0692 \end{aligned}$$

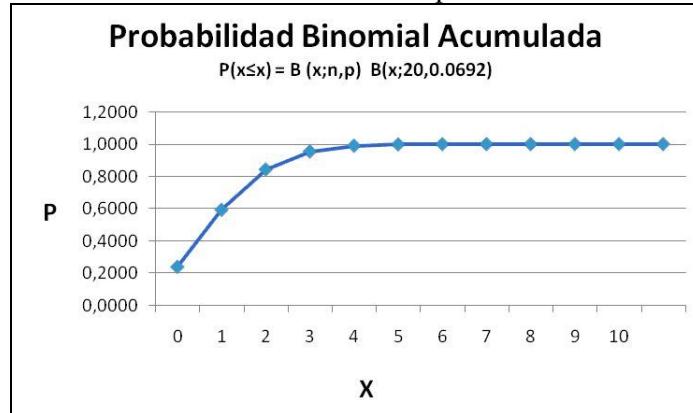
Tabla No.1. Probabilidad simple y acumulada de que una tortilla se doble, n = 10

x	$p(x)=b(x;n,p)$	$P(x)=B(x;n,p)$
0	0,4883	0,4883
1	0,3629	0,8511
2	0,1214	0,9725
3	0,0241	0,9966
4	0,0031	0,9997
5	0,0003	1,0000
6	0,0000	1,0000
7	0,0000	1,0000
8	0,0000	1,0000
9	0,0000	1,0000

Gráfica No.1. Probabilidad de que una tortilla se doble, n = 10



Fuente: Investigación de campo (2008)

Gráfica No.2. Probabilidad acumulada de que una tortilla se doble, n = 10

Fuente: Investigación de Campo (2008)

Segunda Experiencia

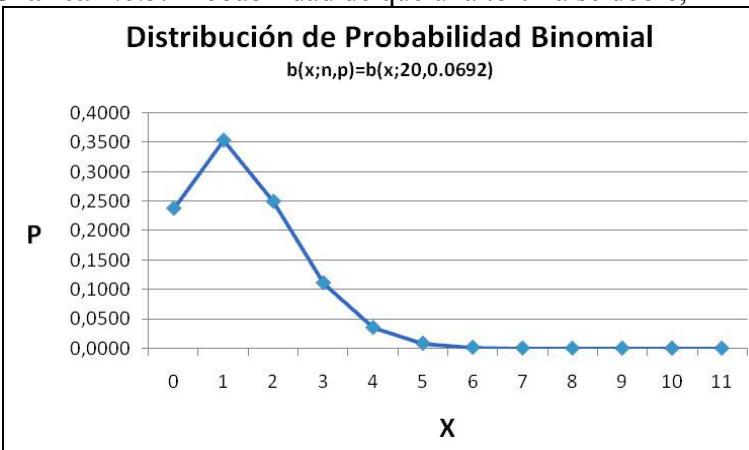
$$n = 20$$

$$p = 0.0692$$

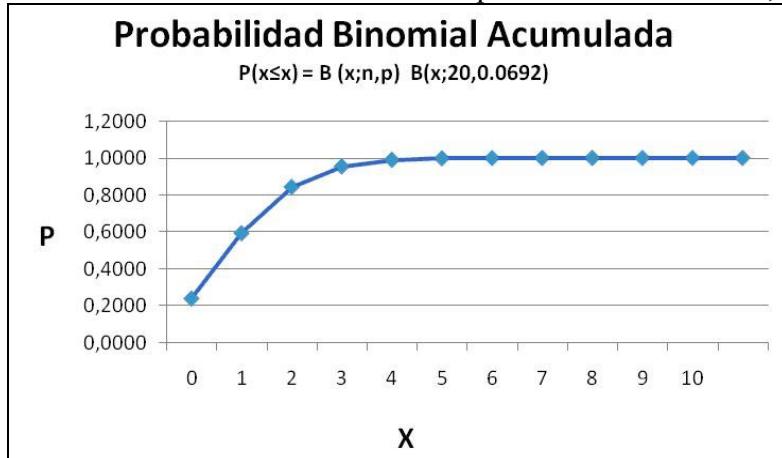
Tabla No.2. Probabilidad simple y acumulada de que una tortilla se doble, n = 20

x	$p(x) = b(x; n, p)$	$P(x) = B(x; n, p)$
0	0,2384	0,2384
1	0,3544	0,5928
2	0,2502	0,8430
3	0,1116	0,9546
4	0,0352	0,9898
5	0,0084	0,9982
6	0,0016	0,9997
7	0,0002	1,0000
8	0,0000	1,0000

Nota: debido a que las probabilidades tienden al mismo valor se omiten doce tamaños de muestras (n).

Gráfica No.3. Probabilidad de que una tortilla se doble, n = 20

Fuente: Investigación de campo (2008)

Gráfica No.4. Probabilidad acumulada de que una tortilla se doble, $n = 20$ 

Fuente: Investigación de Campo (2008)

Tercera Experiencia $n = 75$ $P = 0.0692$

Media = 5.1887

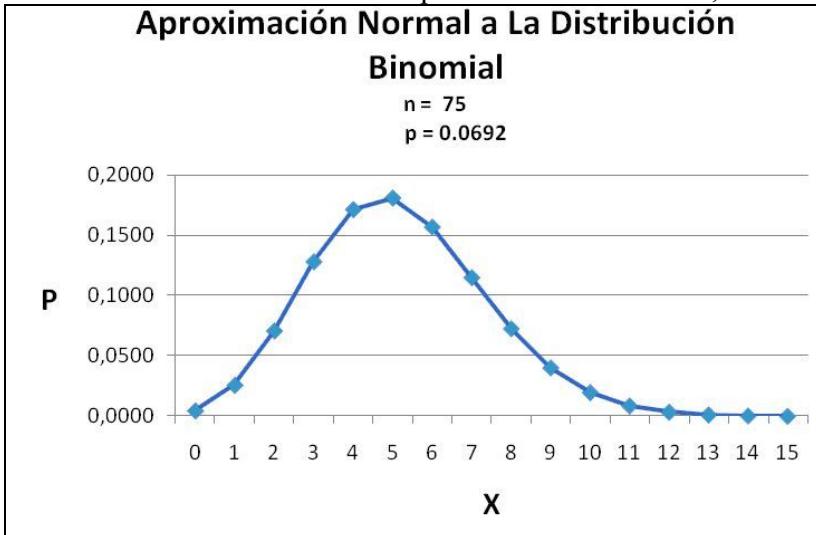
Desviación Estándar = 2.1977

Tabla No.3. Probabilidad simple y acumulada de que una tortilla se doble, $n = 75$

x	$p(x) = b(x; n, p)$	$P(x) = B(x; n, p)$	z	p	Error de aproximación
0	0,0046	0,0046	-2,13	0,0166	-0,0120
1	0,0258	0,0304	-1,68	0,0465	-0,0161
2	0,0709	0,1012	-1,22	0,1112	-0,0100
3	0,1281	0,2294	-0,77	0,2206	0,0088
4	0,1714	0,4008	-0,31	0,3783	0,0225
5	0,1809	0,5818	0,14	0,5557	0,0261
6	0,1569	0,7387	0,60	0,7257	0,0130
7	0,1149	0,8536	1,05	0,8531	0,0005
8	0,0726	0,9262	1,51	0,9345	-0,0083
9	0,0402	0,9664	1,96	0,9750	-0,0086
10	0,0197	0,9861	2,42	0,9922	-0,0061
11	0,0087	0,9948	2,87	0,9979	-0,0031
12	0,0034	0,9982	3,33	0,9996	-0,0014
13	0,0012	0,9994	3,78	1,0000	-0,0006
14	0,0004	0,9998	4,24	1,0000	-0,0002
15	0,0001	1,0000	4,69	1,0000	0,0000
16	0,0000	1,0000	5,15	1,0000	0,0000
17	0,0000	1,0000	5,60	1,0000	0,0000
18	0,0000	1,0000	6,06	1,0000	0,0000
19	0,0000	1,0000	6,51	1,0000	0,0000
20	0,0000	1,0000	6,97	1,0000	0,0000
21	0,0000	1,0000	7,42	1,0000	0,0000

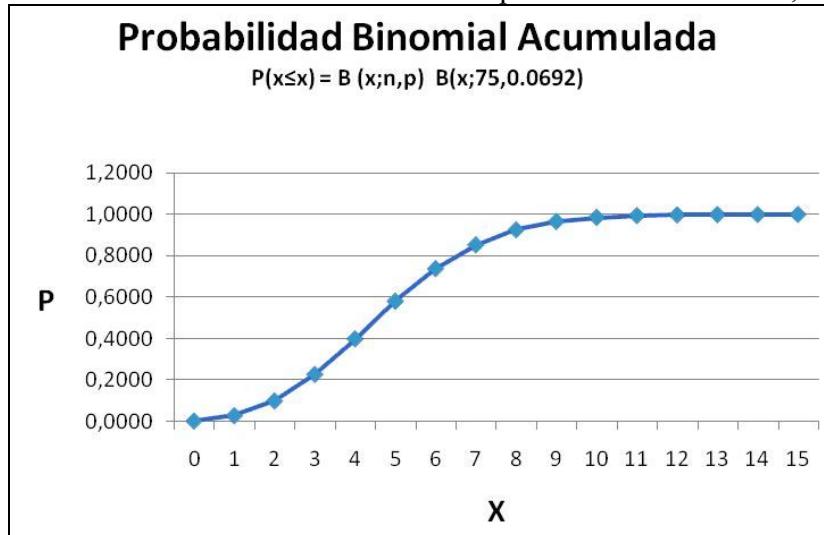
Nota: Debido a que las probabilidades tienden al mismo valor se omiten cincuenta y cuatro tamaños de muestras (n).

Gráfica No.5. Probabilidad de que una tortilla se doble, $n = 75$



Fuente: Investigación de Campo (2008)

Gráfica No.6. Probabilidad acumulada de que una tortilla se doble, $n = 75$



Fuente: Investigación de Campo (2008)

Cuarta Experiencia

n= 150

P= 0.0692

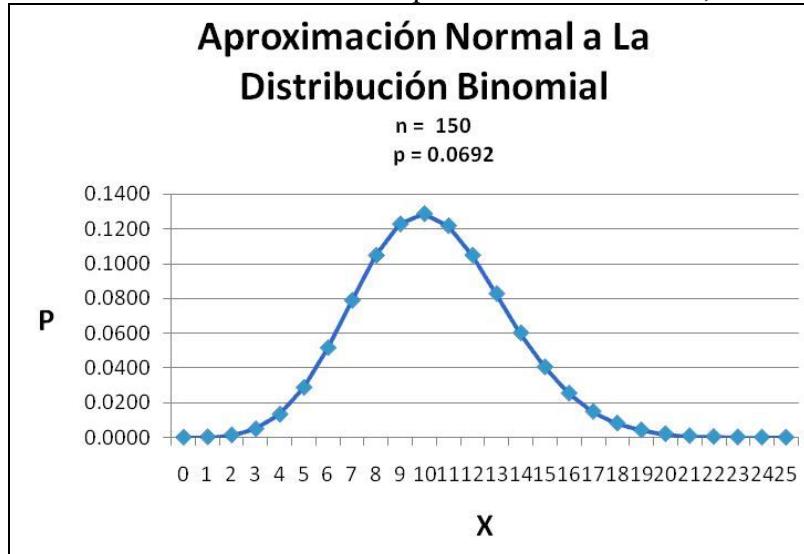
Media= 10.377

Desviación Estándar= 3.1079

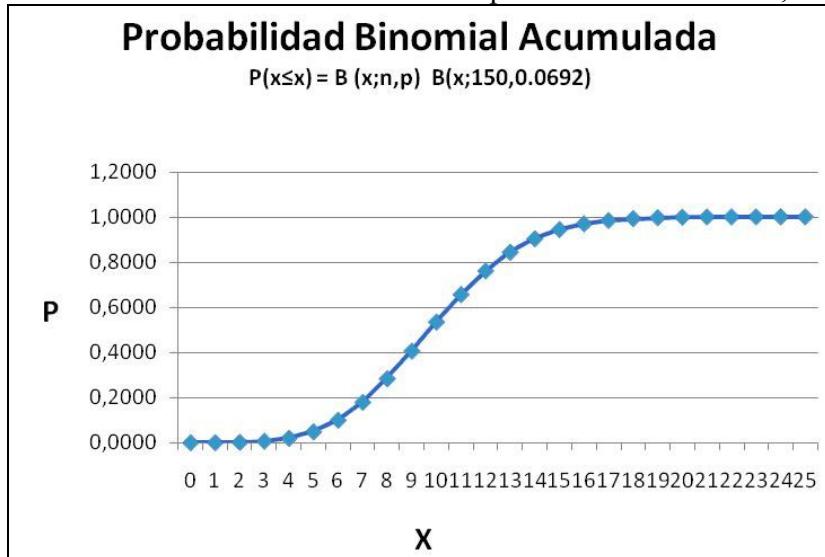
Tabla No.4. Probabilidad simple y acumulada de que una tortilla se doble, n = 150

x	$p(x)=b(x;n,p)$	$P(x)=B(x;n,p)$	z	p	Error de aproximación
0	0,0000	0,0000	-3,18	0,0007	-0,0007
1	0,0002	0,0003	-2,86	0,0021	-0,0018
2	0,0013	0,0016	-2,53	0,0057	-0,0041
3	0,0048	0,0064	-2,21	0,0136	-0,0072
4	0,0132	0,0196	-1,89	0,0294	-0,0098
5	0,0287	0,0483	-1,57	0,0582	-0,0099
6	0,0515	0,0998	-1,25	0,1056	-0,0058
7	0,0787	0,1785	-0,93	0,1762	0,0023
8	0,1046	0,2831	-0,60	0,2743	0,0088
9	0,1227	0,4057	-0,28	0,3897	0,0160
10	0,1285	0,5343	0,04	0,516	0,0183
11	0,1216	0,6559	0,36	0,6406	0,0153
12	0,1047	0,7605	0,68	0,7517	0,0088
13	0,0826	0,8431	1,00	0,8413	0,0018
14	0,0601	0,9032	1,33	0,9082	-0,0050
15	0,0405	0,9437	1,65	0,9505	-0,0068
16	0,0254	0,9691	1,97	0,9756	-0,0065
17	0,0149	0,9839	2,29	0,989	-0,0051
18	0,0082	0,9921	2,61	0,9955	-0,0034
19	0,0042	0,9963	2,94	0,9984	-0,0021
20	0,0021	0,9984	3,26	0,9994	-0,0010
21	0,0009	0,9993	3,58	1,0000	-0,0007
22	0,0004	0,9997	3,90	1,0000	-0,0003
23	0,0002	0,9999	4,22	1,0000	-0,0001
24	0,0001	1,0000	4,54	1,0000	0,0000
25	0,0000	1,0000	4,87	1,0000	0,0000
26	0,0000	1,0000	5,19	1,0000	0,0000

Nota: Debido a que las probabilidades tienden al mismo valor se omiten ciento veinticuatro tamaños de muestras (n).

Gráfica No. 7. Probabilidad de que una tortilla se doble, $n = 150$ 

Fuente: Investigación de Campo (2008)

Gráfica No.8. Probabilidad acumulada de que una tortilla se doble, $n = 150$ 

Fuente: Investigación de Campo (2008)

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a las tablas presentadas con anterioridad se puede notar un cambio en el margen de error bastante elevado cuando se trata de aproximar a la normal, no cabe duda que el valor aproximado mediante la binomial constituye el valor que se estima con mejor

exactitud, pero como se puede notar en el experimento, la probabilidad de que una tortilla se quiebre o doble suele suceder, en precarios acontecimientos.

Es importante destacar que la distribución binomial tiende a ser una curva normal simétrica, con media np , ahora bien para lograr establecerse como curva normal, esta debe cumplir ciertos requisitos tales que el producto de n y p , así como n y q deben ser superiores a cinco, tal es el caso de el experimento tratado en las tablas 3 y 4.

A pesar de lo explicado anteriormente, acerca de la exactitud de la distribución binomial, el problema que existe en la binomial es cuando el valor de n empieza a extenderse como en el caso de los ejercicios realizados, a través del experimento de tortillas como se presentan en las tablas 3 y 4 suele convertirse en un problema de fácil comprensión pero que se convierten en procesos muy tediosos por lo que se sugeriría convertir este problema en uno frecuente que sigue por lo regular el mismo tipo de distribución como es el de la curva normal.

El experimento de que se doble una tortilla en el proceso se asume como un experimento normal, debido a que como se puede observar en las gráficas 5 y 7 corresponden a una gráfica casi simétrica como la correspondiente a la curva normal.

Sin embargo es importante hacer énfasis en las gráficas 5 y 7 puesto que si se tomaran todas las n propuestas para la observación, como en el caso de n igual a 75 y n igual a 150 , en lugar de llegar a la n en el cual los valores de la variable discreta son superiores a cuatro y que por lo tanto se su probabilidad se aproxima a uno, la gráfica tendería a tener un sesgo positivo y es porque la probabilidad se encuentra muy cercana a 0, por tanto como se presenta en la sección de marco teórico, el valor de la probabilidad en el cual se presenta una curva normal excelente es 0.5 y hace comparación al experimento.

Además es oportuno destacar, que las aproximaciones que se presentan en n iguales a 10 y 20 solo se pueden hallar a través de la binomial porque el producto np y nq son inferiores a cinco. Caso contrario se da en n iguales a 75 y 150 en la que el producto np y nq son superiores a cinco y donde si se puede estimar a través de la curva normal.

Como se mencionaba anteriormente el experimento se asumió como una distribución normal en el caso de autores que asumen el producto np y nq superiores a cinco en contraparte con otros autores que asumen el producto np y nq superiores a 10, que de acuerdo al análisis de resultados atribuyen o respaldarían la segunda suposición puesto que los valores estimados tienen un menor índice de error si su producto es superior a 10.

Ahora bien de acuerdo a las gráficas 2, 4,6 y 8 obtenidas de la binomial acumulada se podría deducir que estas representan el aumento de la función de probabilidad mientras x aumenta de una función de probabilidad uniforme, que podría atribuirse a que el experimento se caracteriza como una distribución normal.

Por último cabe mencionar que de acuerdo a lo observado durante el proceso, todos los resultados que se muestran y que presentan la probabilidad de que una tortilla se doble o se quiebre se obtienen en dos puntos críticos del proceso que son semejantes y que se

encuentran en la parte final de las banda transportadoras y que son precisamente al momento de cambiar de lado de cocción.

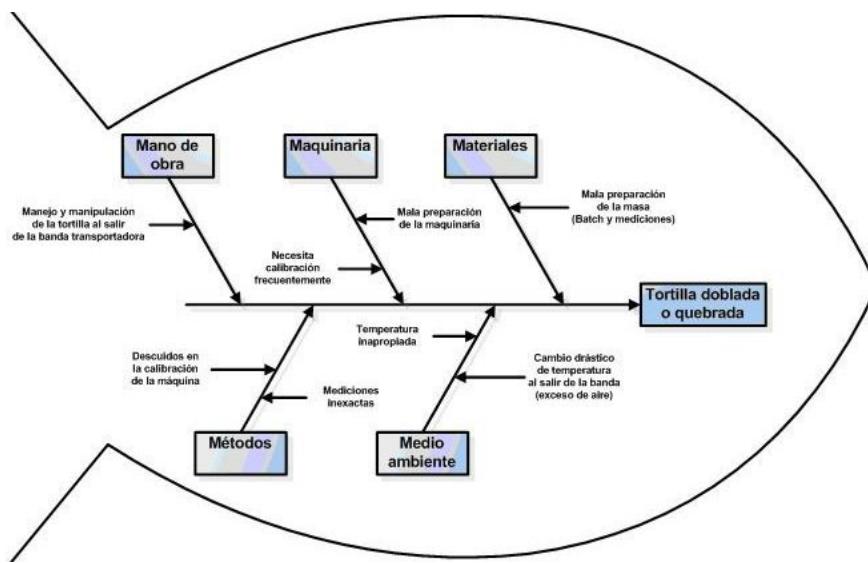
MÉTODO UTILIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROBABILIDADES

Las tortillas que se utilizaron para el experimento consisten en tortillas de 16 cm. de diámetro debido a que estas se doblan con más frecuencia, hechas de masa, creada por la combinación de Maseca® y agua; la recopilación de información se realizó a través de la observación y el conteo directo de las tortillas.

De este modo se pudo obtener la base estadística de que 11 de 159 tortillas se doblan o quiebran durante el proceso que facilitaron el dato de probabilidad necesario para hacer la comparación de probabilidades de que uno, dos, tres...hasta n tortillas se puedan quebrar durante el proceso, analizadas a través de la binomial y de la normal para hacer una comparación y deducir márgenes de error. Haciendo uso de conocimientos obtenidos con anterioridad.

En el caso de la fabricación industrial de tortillas se supone que el proceso o fenómeno se asemeja a la curva normal, por lo que se puede decir que se cumple un ciclo repetitivo en cada medición; la base estadística mencionada con anterioridad (11 de 159 tortillas se doblan o quiebran).

DIAGRAMA CAUSA / EFECTO



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- A través del análisis y aproximación de la binomial al modelo normal se dedujo que 11 de 159 tortillas se doblan o quiebran durante el proceso de fabricación industrial.
- La probabilidad se ocupa de medir o determinar cuantitativamente la posibilidad de que ocurra un determinado suceso. Refiriéndose este ítem al valor “p” encontrado.
- En el margen de error hay un cambio bastante elevado cuando se trata de aproximar a la normal.
- Debido a que las probabilidades tienden al mismo valor se omiten algunos tamaños de muestra.
- Las tortillas se doblan al momento de cambiarlas de lado para la cocción.

RECOMENDACIONES

En base al proceso y sabiendo que son dos puntos donde la tortilla cambia de lado para su cocción, es también donde estas se doblan. Se recomendaría tratar de componer la máquina en el sentido que no haya una separación tan grande entre las bandas para que las tortillas no se doblen.

Así mismo tomando en cuenta la última parte del proceso; es decir la salida de las tortillas de la banda transportadora se deben considerar alternativas para que el manejo y manipulación de las mismas no constituya un factor para la pérdida del producto.

Otro de los aspectos en el cual se mide la pérdida del producto es el cambio de temperatura al salir de la banda transportadora, por lo que se recomienda establecer controles en ese punto.

Es importante que cada vez se pueda investigar procesos apegados al fenómeno binomial, para evitar trabajar bajo el supuesto de la existencia de este.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEVORE, J. (2005): “Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias”. Thompson Editores. Sexta Edición. México.

LEVIN, R. y RUBIN, D. (2004): “Estadística para Administradores” Editorial Prentice Hall. Séptima Edición. México.

PERALTA, ALBERTO. (2008). “Las Tortilladoras: Compleja maquinaria que sustenta a la Ciudad de México”. Consultado en: alberto-peralta.com/objetariocdmex/tortilladora.html

PÉREZ OLANO, JAVIER. (2004). “Distribución binomial y Distribución normal”. Consultado en: <http://sauce.pntic.mec.es/~jpeo0002/Archivos/PDF/T03.pdf>

SPIEGEL, M. (2001): “Probabilidad y Estadística”. Editorial McGraw-Hill. Serie Schaum. Segunda Edición. México.

SZYMANSKI CHÁVEZ, IGNACIO. (2005). “Curso de Introducción a los Procesos de Mejora Continua”. Consultado en: <http://www.gestiopolis.com/canales5/ger/curmejor.htm>

WIKILIBROS. (2008). “Distribución Normal”. Consultado en: http://es.wikibooks.org/wiki/Tablas_estad%C3%ADsticas/Distribuci%C3%B3n_normal

WIKIPEDIA. (2008). “Tortilladora”. Consultado en: es.wikipedia.org/wiki/Tortilladora

DE LEON, ANA CELIA



Ingeniera Industrial. Desde el año 2002 es catedrática de cursos vinculados a la Ingeniería, ESPECIALIZADA en el área de Estadística. En la Facultad de Ingeniería del Campus de Quetzaltenango, de la Universidad Rafael Landívar, ha impartido los cursos de Probabilidad y Estadística y Estadística Inferencial. Su compromiso principal radica en la aplicabilidad de los contenidos de los cursos por los futuros ingenieros.

ANEXOS. GALERÍA FOTOGRÁFICA VISITA TÉCNICA TORTILLERÍA “LA FE”



Fotografía No. 1. Vista de Banda Transportadora máquina para hacer Tortillas Industriales.



Fotografía No.2. Salida de la banda transportadora, en donde se reúnen los restos de tortillas doblas, quebradas o deterioradas en un ciclo de producción.



Fotografía No.3. Vista parte superior de la Banda Transportadora, máquina tortilladora industrial.



Fotografía No.4. Componentes de la maquinaria



Fotografía No.5. Restos (Tortillas dobladas, deterioradas) Salida de la Banda Transportadora



Fotografía No.6. Vista de la parte trasera de la Máquina para hacer Tortillas Industriales.



Fotografía No. 7. Salida de la Máquina Tortilladora. Vista de la Parte Trasera



Fotografía No. 8. Vista lateral . “Máquina Tortillería Industrial”