



INVESTIGACION TECNOLOGIA AGROINDUSTRIAL AZUCARERA

| | | |
|-----------------------------------|------------------------------|---|
| Ingenio Azucarero Guatemalteco | Investigación Tecnológica | Impacto de la aplicación de agua de imbibición, Extracción diluida y Pol % caña en el Pol de Bagazo |
|-----------------------------------|------------------------------|---|

Objetivo:

1. Evaluar estadísticamente si existe una correlación individual o múltiple en la aplicación de agua de imbibición, Extracción Diluida y Pol % Caña en la Pol en Bagazo, en el área de molinos **y corroborar si existe relación directa entre las variables y la "Pol en bagazo" o sea la recuperación de azúcar del bagazo** para que se puedan tomar decisiones al futuro.
2. Aprovechamiento de la información de zafra a través de análisis de causa-efecto del proceso de Gestión de Calidad

| ANALISIS | Plan específico | Recursos |
|---|---|---|
| Estadístico de resultados de fábrica en la zafra 2010-2011: | Segregación o tabulación de datos de: <ul style="list-style-type: none">• Pol Bagazo• Pol % Caña• Imbibición %caña• Extracción Diluida | Personal de Gerencia de Calidad y Jefatura de laboratorio. |
| Técnica Estadística | <ul style="list-style-type: none">• Correlación lineal• Significancia por comparación de medias (t-student) | Sistemas informáticos del laboratorio de control de calidad |
| Hipótesis | <ul style="list-style-type: none">• Existe una correlación entre variables de operación en molinos y el Pol de bagazo | Técnicas estadísticas de significancia |
| Datos | <ul style="list-style-type: none">• Día 1 hasta el día 125 de Zafra 2010-2011 | Sistemas informáticos del laboratorio de control de calidad |

ing. Estuardo Monroy
Ingeniero Químico
Asesor



INVESTIGACION TECNOLOGIA AGROINDUSTRIAL AZUCARERA

1. Hipótesis

Hipótesis nula:

No existen diferencias significativas entre los valores “Pol de bagazo” calculado contra dos modelos matemáticos que considera parámetros de imbibición% caña, Extracción Diluida y/o Pol %caña, utilizando los valores obtenidos de las muestras rutinarias en molinos durante la zafra 2010-2011.

Hipótesis alternativa:

Existen diferencias significativas entre los valores “Pol de bagazo” calculado contra dos modelos matemáticos que considera parámetros de imbibición% caña, Extracción Diluida, y/o Pol %caña utilizando los valores obtenidos de las muestras rutinarias en molinos durante la zafra 2010-2011.

| PRUEBA DE SIGNIFICACION "t | | | |
|---|--|-------|------|
| Hipótesis nula: | Los valores de medias son iguales o no tienen diferencias Si t (t calculado) es menor que t_c (t crítico tabla) no existe diferencia significativa | | |
| Hipótesis alternativa: | Los valores de medias no son iguales o SI tienen diferencias Si t (t calculado) es mayor que t_c (t crítico o tabla) existe diferencia significativa | | |
| Datos: | | 122 | |
| Nivel de confianza: | | 95% | |
| Error Alpha: | 5% | 0.025 | 05/2 |
| Colas: | | 2 | |
| Grados de libertad: | $n-2$ | 120 | |
| Casos: Pruebas entre pol bagazo y modelos pol bagazo | | | |

2. Regression lineal

Aplicación del análisis de regresión lineal en la determinación del modelo matemático:

En la fase de recolección de datos se procedió a evaluar los principales parámetros que puedan afectar los resultados de Pol en bagazo, como lo son: imbibición %caña, Extracción diluida y/o % Pol % caña, calculándose los valores de las medias, desviaciones estándar, etc., para luego escoger la técnica estadística de análisis de regresión a utilizar y las variables que tengan la mayor injerencia, para obtener los modelos matemáticos adecuados.



INVESTIGACION TECNOLOGIA AGROINDUSTRIAL AZUCARERA

Correlations

| | | POLBAG | IMBCAN | POLCAN | EXTJDIL | FIBCAN |
|---------|---------------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|
| POLBAG | Pearson Correlation | 1 | -.438** | -.232** | -.652** | -.075 |
| | Sig. (2-tailed) | | .000 | .010 | .000 | .408 |
| | N | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 |
| IMBCAN | Pearson Correlation | -.438** | 1 | .583** | .367** | .730** |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | | .000 | .000 | .000 |
| | N | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 |
| POLCAN | Pearson Correlation | -.232** | .583** | 1 | .073 | .575** |
| | Sig. (2-tailed) | .010 | .000 | | .422 | .000 |
| | N | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 |
| EXTJDIL | Pearson Correlation | -.652** | .367** | .073 | 1 | -.336** |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .000 | .422 | | .000 |
| | N | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 |
| FIBCAN | Pearson Correlation | -.075 | .730** | .575** | -.336** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .408 | .000 | .000 | .000 | |
| | N | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

La variable dependiente en este análisis es Pol en Bagazo y las variables independientes escogidas por su mayor correlación son: % imbibición caña y % Extracción Diluida., quedando excluida cualquier otra variable, al observarse su baja correlación.

3. Determinación del modelo o ecuación matemática mayor ajustada.

Acorde a las dos (2) variables críticas reconocidas, se determinarán los modelos matemáticos para cada una de dichas variables, o sea modelo 1, en función de la variable “Imbibición %caña” que abarca la operación de adición de agua y modelo 2, en función de la variable “Extracción diluida”, que incluye dicha agua adicionada, más el jugo mismo de la caña con su respectiva concentración de Pol.

Análisis del Modelo 1: Pol bagazo en función de “Imbibición %caña”:

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:POLBAG

| Equation | Model Summary | | | | | Parameter Estimates | | | |
|------------------|---------------|---------|-----|-----|------|---------------------|---------------|-------------|------|
| | R Square | F | df1 | df2 | Sig. | Constant | b1 | b2 | b3 |
| Linear | .192 | 28.664 | 1 | 121 | .000 | 3.410 | -.062 | | |
| Quadratic | .677 | 125.920 | 2 | 120 | .000 | 23.896 | -1.742 | .034 | |
| Cubic | .677 | 125.920 | 2 | 120 | .000 | 23.896 | -1.742 | .034 | .000 |
| Power | .191 | 28.481 | 1 | 121 | .000 | 15.886 | -.668 | | |
| Exponential | .155 | 22.262 | 1 | 121 | .000 | 3.446 | -.025 | | |

The independent variable is IMBCAN.



INVESTIGACION TECNOLOGIA AGROINDUSTRIAL AZUCARERA

Análisis del Modelo 2: Pol bagazo en función de “Extracción Diluida % Caña”:

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable: POLBAG

| Equation | Model Summary | | | | | Parameter Estimates | | | |
|-------------|---------------|---------|-----|-----|------|---------------------|--------|------|------|
| | R Square | F | df1 | df2 | Sig. | Constant | b1 | b2 | b3 |
| Linear | .426 | 89.680 | 1 | 121 | .000 | 13.108 | -.116 | | |
| Quadratic | .701 | 140.836 | 2 | 120 | .000 | 364.719 | -7.460 | .038 | |
| Cubic | .701 | 140.923 | 2 | 120 | .000 | 249.008 | -3.811 | .000 | .000 |
| Power | .426 | 89.751 | 1 | 121 | .000 | 1.367E10 | -4.972 | | |
| Exponential | .418 | 86.834 | 1 | 121 | .000 | 265.867 | -.051 | | |

The independent variable is EXTJDIL.

Acorde al cuadro anterior, se determina que los modelos que más se ajustan, son el Cuadrático y el Cubico, escogiéndose el “**modelo cuadrático**”.

El modelo estadístico “cuadrático” está dado por la ecuación:

$$Y(x)_i = b_1(x) + b_2(x)^2 + \text{constante.}$$

Modelo 1:

$$\text{Pol \% Bagazo} = -1.742(x) + 0.034(x)^2 + 23.896$$

“x”= **Imbibición %caña**

Modelo 2:

$$\text{Pol \% Bagazo} = -7.46(x) + 0.038(x)^2 + 23.896$$

“x”= **Extracción diluida**

Prueba y Ajuste de medias, rangos y Desviaciones estándar:

Las ecuaciones obtenidas, se corrieron con los datos de 125 días de zafra, y a través de un análisis estadístico descriptivo, buscando mayor exactitud y precisión, el valor de la “constante”, fue ajustado en ambas ecuaciones, ofreciendo los resultados siguientes:

Descriptive Statistics

| | N | Range | Minimum | Maximum | Mean | Std. Deviation |
|--------------------|-----|-------|---------|---------|--------|----------------|
| POLBAG | 123 | 1.42 | 1.71 | 3.13 | 1.8507 | .19933 |
| polbzocal1 | 123 | 1.44 | 1.78 | 3.22 | 1.8507 | .17555 |
| polbzocal2 | 123 | 1.87 | 1.72 | 3.59 | 1.8507 | .22684 |
| Valid N (listwise) | 123 | | | | | |



INVESTIGACION TECNOLOGIA AGROINDUSTRIAL AZUCARERA

Modelo 1:

$$\text{Pol \% Bagazo} = -1.742(x) + 0.034(x)^2 + 24.0906$$

“x”= Imbibición %caña

Modelo 2:

$$\text{Pol \% Bagazo} = -7.46(x) + 0.038(x)^2 + 367.8478$$

“x”= Extracción diluida

Correlación de variables en los dos modelos o pares de ecuaciones:

Paired Samples Correlations

| | N | Correlation | Sig. |
|----------------------------|-----|-------------|------|
| Pair 1 POLBAG & polbzocal1 | 123 | .818 | .000 |
| Pair 2 POLBAG & polbzocal2 | 123 | .820 | .000 |

Paired Samples Statistics

| | Mean | N | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|---------------|--------|-----|----------------|-----------------|
| Pair 1 POLBAG | 1.8507 | 123 | .19933 | .01797 |
| polbzocal1 | 1.8507 | 123 | .17555 | .01583 |
| Pair 2 POLBAG | 1.8507 | 123 | .19933 | .01797 |
| polbzocal2 | 1.8507 | 123 | .22684 | .02045 |

4. Test de significancia

Diseño estadístico para la comparación de los resultados de Pol en bagazo esperado

El análisis estadístico lo constituye la hipótesis nula, la que establece que no existe diferencia significativa entre los tres tratamientos y la hipótesis alternativa que plantea que no es igual.

La comprobación de la hipótesis por diferencias significativas de “medias” consiste en la verificación del valor obtenido por el planteado, en los rangos cuantitativos prefijados.

La prueba t de Student es la que se utilizará, para los datos de 125 días de zafra, una probabilidad de 95% (o error de 5%), a 2 (dos) colas, y “n” grados de libertad, posterior al cálculo de la ecuación de regresión lineal, generación de datos estimados y análisis de medias, con sus desviaciones estándar.



INVESTIGACION TECNOLOGIA AGROINDUSTRIAL AZUCARERA

PRUEBA DE SIGNIFICACION "t student"

Hipótesis nula: Los valores de medias **son iguales** o no tienen diferencias
 Si t (t calculado) es menor que tc (t critico o tabla) no existe diferencia significativa entre muestras

Hipótesis alternativa: Los valores de medias **no son iguales** o SI tienen diferencias Significativas
 Si t (t calculado) es mayor que tc (t critico o tabla) existe diferencia significativa entre muestras

Paired Samples Test

| | Paired Differences | | | | | t | df | Sig. (2-tailed) |
|----------------------------|--------------------|----------------|-----------------|---|--------|------|-----|-----------------|
| | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | | | | |
| | Mean | Std. Deviation | Std. Error Mean | Lower | Upper | | | |
| Pair 1 POLBAG - polbzocal1 | .00007 | .11532 | .01040 | -.02051 | .02066 | .007 | 122 | .994 |
| Pair 2 POLBAG - polbzocal2 | .00001 | .13042 | .01176 | -.02327 | .02329 | .001 | 122 | .999 |

Se observa que en ambos casos “t” calculado es menor a “t de tablas a 2 colas”, por lo cual, se confirma que las medias son iguales, y no existen diferencias significativas., que demuestran que si existe y es adecuada las correlaciones de las variables.

5. CONCLUSIONES

Se confirma que el Pol de Bagazo (azúcar en bagazo sobrante) resultante en el proceso de molienda del ingenio, **tiene una alta dependencia (inversamente proporcional con R=0.818) con la cantidad de agua adicionada (imbibición %caña), o sea.....**

A más agua adicionada, más azúcar extraída ¡!!

Se reconfirma también que el Pol de Bagazo (azúcar en bagazo) resultante en el proceso de molienda del ingenio, **tiene una alta dependencia (inversamente proporcional con R=0.82) con la cantidad de jugo extraído (Extracción Diluida % caña), o sea....**

A más jugo extraído, más azúcar extraída ¡!!

6. RECOMENDACION INDUSTRIAL

PARA OBTENER MÁS AZUCAR Y/O MAS US\$, APLICAR MAS AGUA ¡!!

Nota: Aplican restricciones, como lo puede ser la capacidad del posterior sistema de evaporación, generación de energía (vapor) y otros.



INVESTIGACION TECNOLOGIA AGROINDUSTRIAL AZUCARERA

7. ANEXOS

7.1 Comportamiento típico de modelos matemáticos a las variables determinadas.

