



Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ingeniería



# REVISTA INDUSTRIAL 4.0

Edición Digital Nro. 2

Mayo 2021

Carrera de Ingeniería Industrial



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Lic. Oscar Heredia	Rector
Phd. Maria Garcia Moreno	Vicerectora
Ing. Martin Mayori Machicao	Decano Facultad de Ingeniería
Ing. Freddy Gutiérrez Barea	ViceDecano Facultad de Ingeniería
Ing. Franz Zenteno Benitez	Director de Carrera Ingeniería Industrial

Revista Industrial 4.0  
Edición Digital N° 2 Mayo 2021

Comite Editor:  
Ing. Fernando Sanabria Camacho  
Ing. Grover Sanchez Eid  
Ing. Mario Zenteno Benitez

Diseño Versión Impresa & Web:  
Ing. Enrique Orosco Crespo

Imprenta:  
Walking Graf

Deposito Legal:  
4-3-68-20

Web:  
<http://industrial.umsa.bo/revista-industrial-4.0>  
Email:  
[revistaindustrial4.0@umsa.bo](mailto:revistaindustrial4.0@umsa.bo)

Dirección:  
Av. Mcal. Santa Cruz, Plaza Del Obelisco.  
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería.  
Tel. 2205000 - 2205067 Int. 1402

---

## PRESENTACIÓN

Presentar el segundo número de la Revista Industrial 4.0 me llena de orgullo, ya que se plasma en realidad un objetivo que tiene la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Mayor de San Andrés, que es visibilizar los trabajos de investigación que desarrollan profesionales y estudiantes de los diferentes niveles académicos - licenciatura, diplomados, maestría y doctorado - que están bajo su administración académica.

La integración entre la formación académica de pre y pos grado con la investigación a través de los tres institutos de la Carrera de Ingeniería Industrial es indispensable para una formación integral de los profesionales graduados en la UMSA, sin dejar de lado la extensión universitaria; las tres actividades permiten que se desarrollen trabajos de pesquisa pertinentes a la actualidad, y que son difundidos al público en general a través de la presente publicación en sus formatos impreso y digital.



*Ing. MBA. Franz José Zenteno Benítez*  
**DIRECTOR**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

En los tiempos que vivimos bajo restricciones nunca antes vistas, pero que son sobrellevadas gracias a la tecnología de comunicación disponible -no equitativa en todos los niveles socio económicos- permite seguir con actividades de investigación científica y de aplicación tecnológica por parte de aquellos profesionales y estudiantes que encuentran, en los momentos de crisis, una oportunidad para presentar soluciones aplicables a problemas latentes en las empresas productivas y de servicios de diferente índole.

En este número se incrementó a doce el número de artículos publicados, como resultado de una importante cantidad de propuestas que hicieron llegar los investigadores atendiendo la convocatoria realizada. Destacar que tres artículos corresponden a los proyectos de grado, que desarrollaron estudiantes junto con sus tutores, en áreas diversas de la formación de un ingeniero industrial.

Agradecer el trabajo desarrollado por los profesionales que conforman el Comité Editor a partir de la lectura inicial de los artículos propuestos y la revisión final de aquellos trabajos que presentaron algunas observaciones.

Reiterar el compromiso para seguir en este camino de publicaciones por parte de la Carrera de Ingeniería Industrial; en tal sentido, invitar a todos los profesionales y estudiantes que deseen divulgar sus trabajos de investigación, estar atentos al nuevo llamado para proponer sus temas ante el Comité Editor de la presente revista.

Ing. MBA. Franz José Zenteno Benítez  
**DIRECTOR**  
**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

# LA DETECCIÓN DE ANOMALÍAS A TRAVÉS DE FORMULARIOS DE INSPECCIÓN ELECTRÓNICOS PARA EQUIPOS INDUSTRIALES EN PLANTAS CEMENTERAS

**Nelson Condorena Ávila**; ORCID: 0000-0002-24158932  
Ingeniero mecánico, Facultad de Ingeniería, UMSA  
[nelsoncondorenaavila@gmail.com](mailto:nelsoncondorenaavila@gmail.com)

## RESUMEN

La identificación oportuna de anomalías en equipos industriales es de vital importancia para la planificación y programación de mantenimientos de carácter preventivo o correctivo para cualquier empresa, tal es el caso de la industria cementera, ya que una anomalía mal detectada o no detectada a tiempo podría incurrir en pérdidas importantes de recursos económicos para la organización. En ese entendido el presente trabajo muestra, la influencia que tiene el manejo de formularios de inspección electrónico para la detección de anomalías en equipos industriales y su posterior intervención de mantenimiento. Se realizó una investigación aplicada con un enfoque cuantitativo y un diseño experimental para validación de hipótesis, tomando como referencia en el estudio, los equipos de la sección de molienda en la planta de cemento VIACHA de la empresa SOBOCE. Para dicho estudio, los operadores de producción realizaron las inspecciones de rutina de 78 equipos industriales, durante 10 semanas con formularios impresos, y durante otras 10 con formularios electrónicos (aplicación para celular). Mediante un análisis estadístico de muestras pareadas (análisis de una cola), y un nivel de confianza del 95% se determinó que: La tasa de detección de fallas con formulario electrónico es significativamente mayor que la tasa de detección de fallas sin formulario electrónico.

**PALABRAS CLAVE:** Anomalía, Mantenimiento, Formulario electrónico, Inspección, Industria cementera.

## ABSTRACT

The timely identification of anomalies in industrial equipment is of vital importance for the planning and programming of preventive or corrective maintenance for any company, such is the case of the cement industry, since an anomaly poorly detected or not detected in time could incur in significant losses of economic resources for the organization. In this understanding, the present work shows the influence that the handling of electronic inspection forms has for the detection of anomalies in industrial equipment and its subsequent maintenance intervention. An applied research was carried out with a quantitative approach and an experimental design for hypothesis validation, taking as a reference in the study, the equipment of the grinding section in the VIACHA cement plant of the SOBOCE company. For this study, the production operators carried out routine inspections of 78 industrial equipment, for 10 weeks with printed forms, and for another 10 with electronic forms (mobile application). Through a statistical analysis of paired samples (one-tail analysis), and a confidence level of 95%, it is determined that: The failure detection rate with electronic form is important than the failure detection rate without electronic form.

**KEY WORDS:** Anomaly, Maintenance, Electronic form, Inspection, Cement industry.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, a nivel mundial la industria, experimenta una importante caída de recursos económicos debido al mantenimiento no previsto de equipos que conforman su proceso productivo. La aparición de fallas en los componentes de una instalación industrial, trae consigo la disminución de beneficios que pudieran derivarse de la producción en cuestión. Aquellas anomalías que dan lugar a la indisponibilidad del proceso, provocan una pérdida de ingresos y, así mismo, originan un incremento de los costos, ya que, como mínimo, habrá que reparar o sustituir el equipo dañado y, en el peor de los casos, deberán pagarse indemnizaciones por posibles daños ocasionados a terceros.

En la mayoría de los países latinoamericanos, el mantenimiento constituye en la actualidad una asignatura pendiente para numerosos sectores de la economía y la desatención ha llegado al extremo de que resulta en muchos lugares muy difícil identificar su existencia. Esto ha sido ratificado a través de las experiencias detectadas en numerosos países de la región. Según el periódico El Deber, en su página web:

En Bolivia debido a la ausencia de un buen mantenimiento y seguridad industrial, las pérdidas económicas van en aumento cada año. Enrique Núñez, presidente de la Sociedad Boliviana de Seguridad y Salud Ocupacional (SBSO) informó, con datos del INE, que de 2010 a 2012 el Ministerio de Trabajo registró 22.847 accidentes laborales y 967 enfermedades ocupacionales y, considerando que cada uno tuvo al menos un día de baja, las empresas gastaron más de Bs 430.000 al año por sus accidentados. Todo esto a causa de una mala gestión en el mantenimiento de equipos industriales. (EL DEBER, 2014)

Por otro lado, las inspecciones de rutina, que forman parte del mantenimiento preventivo de cualquier empresa, representan la primera línea de detección de fallas

y el primer input de información para el departamento de mantenimiento. Para poder establecer mejor la importancia de las inspecciones en el mantenimiento, primeramente, se debe aclarar que significa el termino mantenimiento. Según Oliva et al. (2010):

El mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades mediante las cuales un equipo, máquina, construcción civil o instalación, se mantiene o se restablece a un estado apto para realizar sus funciones, siendo importante en la calidad de los productos y como estrategia para una competencia exitosa (p.131).

En Bolivia muchas empresas industriales utilizan formularios físicos para realizar la inspección rutinaria y poder identificar desviaciones en sus equipos. Esto genera mucho material de escritorio acumulable, que puede resultar molesto en caso de no ser organizado correctamente. Las debilidades que presentan estos formularios físicos en esencia son: La falta de espacios de almacenamiento, seguridad de información deficiente, material propenso a daños, ineficiencia en el transporte de documentos, debilidad en la edición, altos precios asociados a la actividad, deficiencia en comunicación y colaboración, daño ambiental.

En la planta de fabricación de cemento VIACHA (SOBOCE S.A.) aún no se emplea formularios electrónicos para la inspección rutinaria de los equipos que componen su proceso. Los operadores de producción emplean formularios de tipo físico (check list en hojas) para poder detectar fallas cuando los equipos están funcionando. Sin embargo, se cree que empleando formularios electrónicos (para realización de inspecciones desde el celular) podría mejorar la detección de fallas y el tiempo de realización de la inspección como tal por parte de los operadores. En ese entendido el objetivo de la presente experimentación es, verificar si el empleo de formularios electrónicos (en el celular) puede llegar a mejorar la tasa de detección de fallas por parte de los operadores.

## II. DESARROLLO

### Planteamiento de la hipótesis

Se hizo la experimentación en la sección de molienda de cemento (Molino Vertical de Cemento “Molino OK”) con los operadores de producción, empleando una aplicación (gratuita) para celular por unas 10 semanas (Inspección Con Formulario Electrónico – ICFE). Se obtuvieron las anomalías en ese periodo (Tasa de Detección de Fallas - TDF) y se compararon con las anomalías obtenidas en 10 semanas anteriores al periodo de experimentación sin el empleo de formularios en el celular (Inspección Sin Formulario Electrónico – ISFE).

De acuerdo a lo anterior, se plantea la siguiente hipótesis de investigación: “El empleo de formularios electrónicos mediante celular (ICFE) mejora significativamente la tasa de detección de fallas (TDF) comparada con un periodo anterior donde no se emplea dichos formularios (ISFE)”.

#### a) Hipótesis Nula

Se planteó la siguiente hipótesis nula: La tasa de detección de fallas con formulario electrónico ( $\mu_{ICFE}$ ) es significativamente menor o igual que la tasa de detección de fallas sin formulario electrónico ( $\mu_{ISFE}$ ), es decir:

$$H_0: \mu_{ICFE} \leq \mu_{ISFE}$$

#### b) Hipótesis Alternativa

Se planteó la siguiente hipótesis alternativa: La tasa de detección de fallas con formulario electrónico ( $\mu_{ISFE}$ ) es significativamente mayor que la tasa de detección de fallas sin formulario electrónico ( $\mu_{ICFE}$ ), es decir:

$$H_1: \mu_{ISFE} > \mu_{ICFE}$$

## Tamaño de la muestra

En la planta de cemento VIACHA (SOBOCE S.A.) Se tiene actualmente funcionando 2 líneas de producción de cemento, distribuidas en 16 secciones operativas, con una cantidad de 1029 equipos industriales principales de los cuales depende la producción en general. Todos estos equipos están sometidos a inspecciones de rutina por parte del operador de producción mediante formularios físicos (ISFE).

Para fines de la investigación, se tomó como muestra la sección de molienda de cemento (“Molino OK”) con 78 equipos principales, para su revisión con formularios electrónicos (ICFE).

## Procedimiento

El operador de molienda de cemento (OMC) realizó sus inspecciones rutinarias durante 10 semanas desde la semana 29 a la semana 38 del 2020 (a partir del 13 de julio hasta el 20 de septiembre del 2020), con el empleo de formularios físicos, cubriendo de esta manera la revisión de los 78 equipos principales que componen el proceso de molienda.

Se registraron las anomalías detectadas como resultado de la inspección ISFE (Tabla 1) y se las contabilizaron las mismas por semanas.

Tabla 1

*Fallas detectadas con el uso de formularios físicos (ISFE)*

Número de semana	SEM 29	SEM 30	SEM 31	SEM 32	SEM 33	SEM 34	SEM 35	SEM 36	SEM 37	SEM 38
Fallas detectadas por semana	10	7	11	8	7	12	7	8	10	11
Detección de fallas acumulada	10	17	28	36	43	55	62	70	80	91

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente a dicho periodo, el operador (OCM) fue entrenado durante 2 semanas en el manejo de una aplicación gratuita “VOSO APP”, para realizar las inspecciones por medio de formularios electrónicos (ver anexo).

Finalmente, el operador realizó las inspecciones de rutina cubriendo los 78 equipos de su proceso, empleando los formularios electrónicos durante 10 semanas posteriores a su entrenamiento desde la semana 41 a la semana 50 del 2020 (a partir del 5 de octubre hasta el 13 de diciembre del 2020), registrando la detección de anomalías por ICFE semana a semana (tabla 2).

Tabla 2

*Fallas detectadas con el uso de formularios electrónicos (ICFE)*

Número de semana	SEM 41	SEM 42	SEM 43	SEM 44	SEM 45	SEM 46	SEM 47	SEM 48	SEM 49	SEM 50
Fallas detectadas por semana	12	10	13	11	17	14	10	18	11	9
Detección de fallas acumulada	12	22	35	46	63	77	87	105	116	125

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que la información presentada es actualizada y suficiente para realizar un análisis estadístico, ya que la misma pertenece a la gestión 2020 y se hizo en un periodo total de 20 semanas tomando en cuenta todos los días y turnos operativos del equipo de producción.

### **Análisis Estadístico**

Con los datos obtenidos de las tablas 1 y 2, se realizaron gráficos de barras para poder ver los valores de fallas obtenidos por semana en cada una de las condiciones (Inspecciones sin formulario electrónico e inspecciones con formulario electrónico). También se realizaron graficas acumuladas de la cantidad de fallas detectadas en ambos tipos de condiciones, obteniendo como resultado, un total de 91 fallas

detectadas para una condición de ISFE (Figura 1), y un total de 125 fallas para una condición de ICFE (Figura 2).

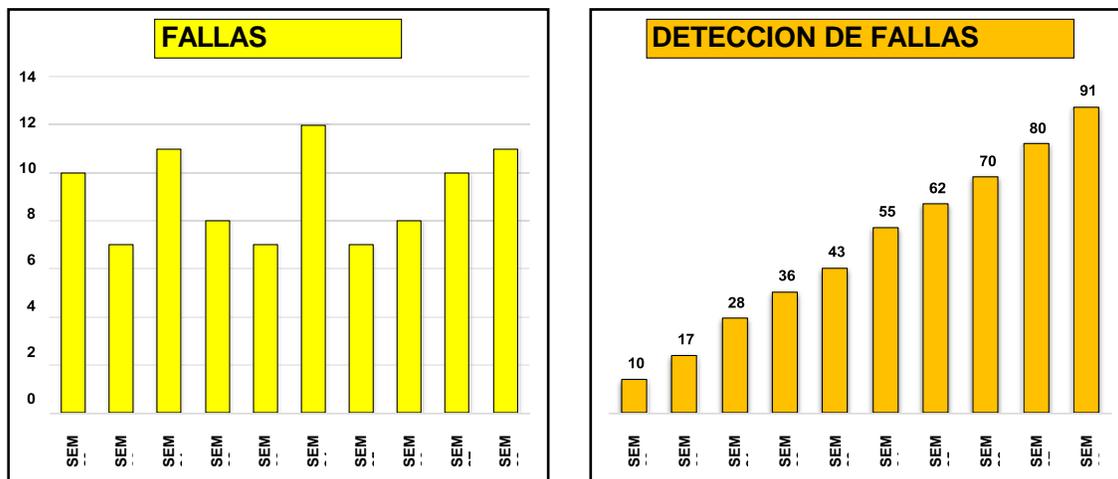


Figura 1: Fallas detectadas en 10 semana por ISFE y grafica acumulada. (Fuente: Elaboración Propia)

En la Figura 2 se observa un aumento en la detección de fallas (TDF) comparada con la Figura 1. Es decir, que se detectaron más número de fallas en una condición de inspecciones con formulario electrónico (ICFE).

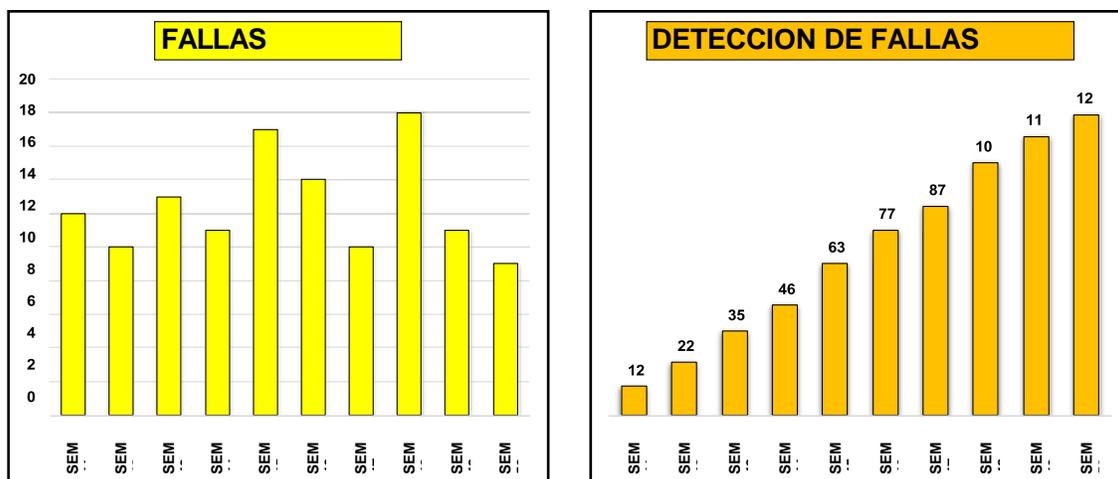


Figura 2: Fallas detectadas en 10 semana por ICFE y gráfica acumulada. (Fuente: Elaboración Propia)

### III. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Para validar la hipótesis planteada, se realizó una prueba de hipótesis mediante la distribución t-student de muestras pareadas con un análisis de 1 cola (cola derecha) y con un valor de significancia de 0,05.

La tabla 3 muestra la comparación y diferencia entre las tasas de detección de fallas para las condiciones de ICFE y de ISFE, denominadas Tasa A y B respectivamente.

Tabla 3

*Comparación de tasas de detección de fallas para condiciones ISFE y ICFE*

Semana	Tasa A - TDF (ICFE)	Tasa B - TDF (ISFE)	Diferencia (x)
1	12	10	2
2	10	7	3
3	13	11	2
4	11	8	3
5	17	7	10
6	14	12	2
7	10	7	3
8	18	8	10
9	11	10	1
10	9	11	-2

Fuente: Elaboración propia

Las hipótesis nula y alternativa se también pueden expresar de la siguiente forma:

$$H_0: \mu_{ICFE} - \mu_{ISFE} \leq 0$$

$$H_1: \mu_{ISFE} - \mu_{ICFE} > 0$$

Para la prueba de hipótesis correspondiente, se empleó el Teorema Central del Límite para la diferencia de tasas A y B, para poder calcular el valor del estadístico t-student.

$$t = \frac{\bar{x}}{s_x/\sqrt{n}}$$

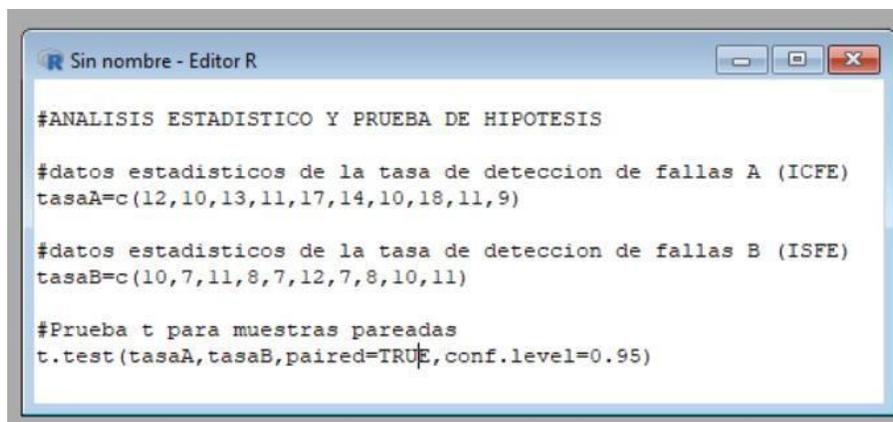
Por medio de los valores de la columna “Diferencia ( $x$ )” de la Tabla 3, se obtuvo los siguientes valores para el valor medio ( $\bar{x}$ ), desviación estándar ( $s_x$ ), y con el valor del número de medidas ( $n = 10$ ), se obtuvo el valor del estadístico t-student ( $t$ ):

$$\begin{aligned}\bar{x} &= 3.4 \\ s_x &= 3.777 \\ t &= \frac{\bar{x}}{s_x/\sqrt{n}} = 2.847\end{aligned}$$

El valor de t-student obtenido con el número de grados de libertad ( $v = n - 1 = 9$ ) y la significancia ( $\alpha = 0.05$ ) es  $t = 2.262$ . Siendo que  $t$  calculado es mayor al  $t$  de tablas, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$ .

También, se hizo la verificación de la prueba de hipótesis por medio del software estadístico “R”, con un modelo de muestras pareadas y para un nivel de confianza del 95%.

En la figura 3 se muestra el Script empleado para el análisis.



```
#ANALISIS ESTADISTICO Y PRUEBA DE HIPOTESIS

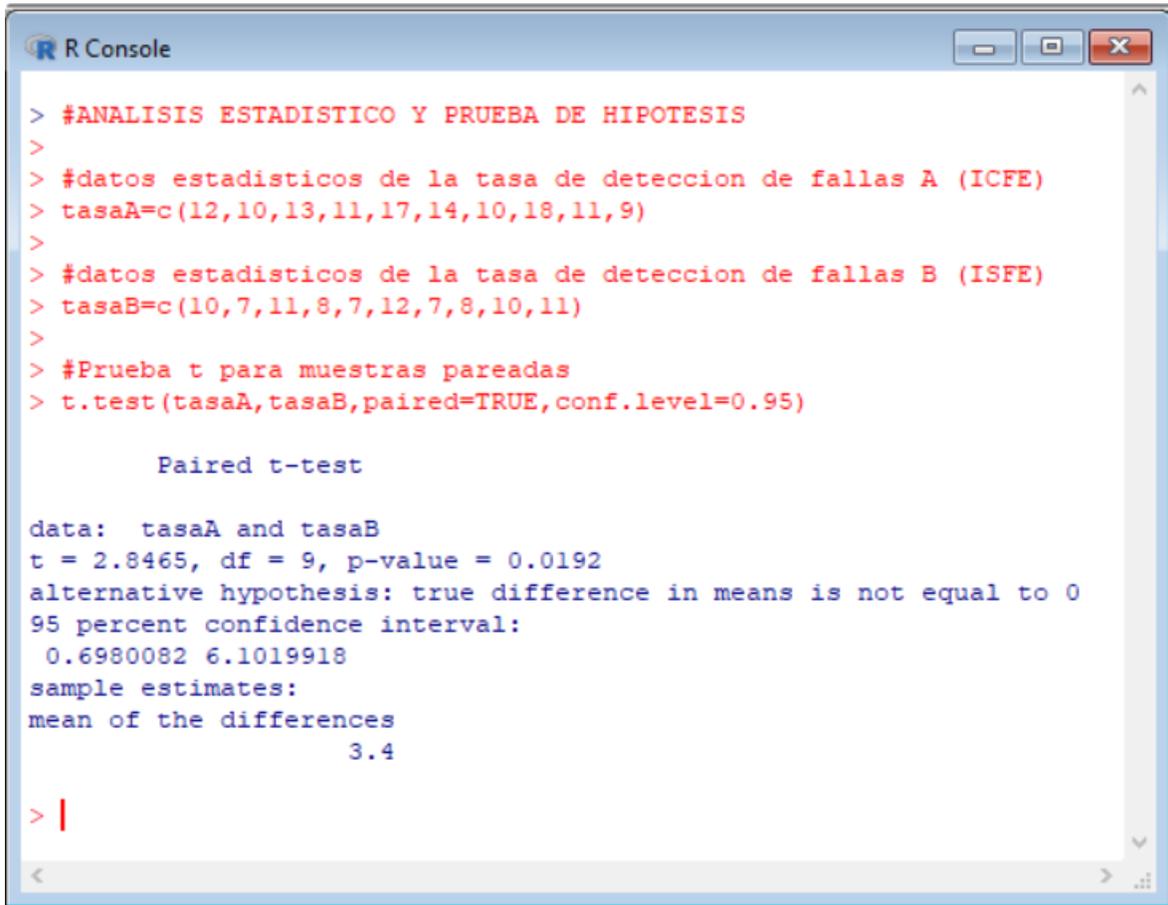
#datos estadísticos de la tasa de detección de fallas A (ICFE)
tasaA=c(12,10,13,11,17,14,10,18,11,9)

#datos estadísticos de la tasa de detección de fallas B (ISFE)
tasaB=c(10,7,11,8,7,12,7,8,10,11)

#Prueba t para muestras pareadas
t.test(tasaA,tasaB,paired=TRUE,conf.level=0.95)
```

Figura 3: Script y código fuente empleado para el análisis estadístico en R  
(Fuente: Capturas de pantalla del software – Elaboración Propia)

Se obtuvieron los resultados en consola de “R” mostrados en la figura 4.



```
> #ANALISIS ESTADISTICO Y PRUEBA DE HIPOTESIS
>
> #datos estadisticos de la tasa de deteccion de fallas A (ICFE)
> tasaA=c(12,10,13,11,17,14,10,18,11,9)
>
> #datos estadisticos de la tasa de deteccion de fallas B (ISFE)
> tasaB=c(10,7,11,8,7,12,7,8,10,11)
>
> #Prueba t para muestras pareadas
> t.test(tasaA,tasaB,paired=TRUE,conf.level=0.95)

      Paired t-test

data:  tasaA and tasaB
t = 2.8465, df = 9, p-value = 0.0192
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.6980082 6.1019918
sample estimates:
mean of the differences
                3.4

> |
```

Figura 4: Resultados en Consola de R (Fuente: Capturas de pantalla del software – Elaboración Propia)

“R” muestra los valores de t-student ( $t = 2.8465$ ) grados de libertad ( $df = 9$ ) y probabilidad de error Tipo I ( $p\text{-value} = 0.0192$ ), con el valor de significancia adoptado ( $\alpha = 0.05$ ) y en comparativa con p-value ( $p\text{-value} < \alpha$ ), se establece que la hipótesis alternativa es verdadera, siendo que la diferencia entre medias no es igual a 0. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula con un nivel de confianza del 95%.

#### IV. CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis estadístico realizado en el punto anterior y a la prueba de hipótesis para muestras pareadas se obtuvo que: La tasa de detección de fallas con formulario electrónico ( $\mu_{ICFE}$ ) es significativamente mayor que la tasa de detección de fallas sin formulario electrónico ( $\mu_{ISF}$ ), a un nivel de confianza del 95%.

En ese entendido se concluye que: El empleo de formularios electrónicos para la realización de inspecciones de rutina mediante celular (ICFE) mejora significativamente la tasa de detección de fallas (TDF) comparada con un periodo anterior donde no se emplea dichos formularios (ISFE).

Estos resultados podrán ser referentes para una futura implementación de formularios electrónicos para inspecciones de rutina en otras áreas de la planta de cemento VIACHA e incluso para otras fábricas con equipos y procesos similares.

## ANEXOS

Gráfico 1: Formulario físico para inspecciones de rutina (ISFE)

10000134 DOSIFICADOR DOSIMAT DE CALIZA R1A01		
DESCRIPCION DE LA TAREA A REALIZAR	CHECK	MEDICIONES
1- Mida temperatura - Motores debajo de 50C - descansos debajo de 65C - <u>reductores debajo de 70C - Si supera reportelo de inmediato</u>		
2- Identifique cualquier soldadura en los reductores - Verifique el correcto nivel <u>de aceite</u>		
3- Verifique que el cono de descarga de las tolvas se encuentran libres de <u>perforaciones o fugas</u>		
4- Verifique visualmente la tornillería en la estructura del dosificador - <u>pernos sueltos o faltantes</u>		
5- Inspeccione tornillería fijación desgaste en la cadena charolas bujes		
6- Inspeccione los seguros de las ruedas		
7- Inspeccione tensión en cadena - desalineamiento - paso respecto sprokets - <u>desgaste en sprokets - fijación de sprokets con respecto al eje (cunía y plato de fijación)</u>		
8- Inspeccione el sistema de limpieza de derrames - la cadena y los sprokets - <u>tornillería en barras de arrastre - soldadura o desprendimiento</u>		
9- Inspeccione el sistema de lubricación de la cadena - que las ruedas estén <u>lubricadas - observe el nivel de grasa de la unidad de lubricación y reponga el nivel de ser necesario</u>		
10000136 DOSIFICADOR DE ARCILLA R1C01		
DESCRIPCION DE LA TAREA A REALIZAR	CHECK	MEDICIONES
1- Mida temperatura - Motores debajo de 50C - descansos debajo de 65C - <u>reductores debajo de 70C - Si supera reportelo de inmediato</u>		
2- Identifique cualquier soldadura en los reductores - Verifique el correcto nivel <u>de aceite</u>		
3- Verifique que el cono de descarga de las tolvas se encuentran libres de <u>perforaciones o fugas</u>		
4- Verifique visualmente la tornillería en la estructura del dosificador -		

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 2: Aplicación para celular "VOSO APP"



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 3: Formulario Electrónico para inspecciones de rutina (ICFE)

DOSIFICADOR DOSIMAT DE CALIZA (R1A01) \*

	BUEN ESTADO	MAL ESTADO
1 – Mida la temperatura de los motores del transportador y del recuperador de derrames (T<50°C)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 – Mida la temperatura de las chumaceras (T<65°C)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 – Mida la temperatura de los reductores (T<70°C)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 – Reporte de inmediato en caso de encontrar temperaturas fuera de los rangos indicados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 – Identifique cualquier síntoma de soldadura en los reductores.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 – Verifique el correcto nivel de aceite en los reductores de la transmisión del dosificador.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7 – Verifique que el cono de descarga de las tolvas se encuentre libre de perforaciones.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: Elaboración Propia

## REFERENCIAS

EL DEBER. (2014). *Al Menos 7.000 Accidentes Laborales En Bolivia Cada Año*. Recuperado de <https://ibce.org.bo/principales-noticias-bolivia/noticias-nacionales-detalle.php?id=46592&idPeriodico=4&fecha=2014-09-23>

Oliva, Karim, Madelein Arellano, María López, and Karen Soler. (2010). Sistemas de Información Para La Gestión de Mantenimiento En La Gran Industria Del Estado Zulia. *Revista Venezolana de Gerencia* 15(49):125–40. Recuperado de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-99842010000100008](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-99842010000100008)

## BIBLIOGRAFÍA

García, Santiago. (2003). *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. Madrid, España. Díaz de Santos.

Gutiérrez, Eduardo, and Olga Vladimirovna. (2016). *Estadística Inferencial 1: Para Ingeniería y Ciencias*. Azcapotzalco, México. Grupo Editorial Patria

Ortiz Useche, Alexis, Carlos Rodríguez Monroy, and Henry Izquierdo. (2013). Gestión de Mantenimiento En Pymes Industriales. *Revista Venezolana de Gerencia* 18(61). 86-104. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/290/29026161004.pdf>

# CARRERA ACREDITADA AL SISTEMA ARCU-SUR, DEL MERCOSUR EDUCATIVO



**INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL**  
**INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL**  
**INGENIERÍA EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DESCONCENTRADO INGENIERÍA INDUSTRIAL AMAZÓNICA-SAN BUENAVENURA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DESCONCENTRADO INGENIERÍA INDUSTRIAL AMAZÓNICA-CARANAVI**





# CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS - 2021  
LA PAZ - BOLIVIA

Av. Mcal. Santa Cruz N° 1175, Plaza del Obelisco  
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería  
Teléfonos 2205000 - 2205067 int. 1402  
WebSite: [industrial.umsa.bo](http://industrial.umsa.bo)  
Email: [ingeindustrial@umsa.bo](mailto:ingeindustrial@umsa.bo)  
[ingeindustrialumsa@gmail.com](mailto:ingeindustrialumsa@gmail.com)  
Ciudad de La Paz - Bolivia