



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO SEIS SIGMA Laboratorio

Programa Académico
Plan de Estudios
Fecha de elaboración
Versión del Documento

Ingeniero Industrial en Manufactura
2021
26/06/2025
1.0



Dra. Martha Patricia Patiño Fierro
Rectora

Mtra. Ana Lisette Valenzuela Molina
**Encargada del Despacho de la Secretaría
General Académica**

Mtro. José Antonio Romero Montaña
Secretario General Administrativo

Lic. Jorge Omar Herrera Gutiérrez
**Encargado de Despacho de Secretario
General de Planeación**

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	4
IDENTIFICACIÓN	6
<i>Carga Horaria del alumno</i>	<i>6</i>
<i>Consignación del Documento</i>	<i>6</i>
MATRIZ DE CORRESPONDENCIA	7
NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS	8
<i>Reglamento general del laboratorio</i>	<i>8</i>
<i>Reglamento de uniforme</i>	<i>8</i>
<i>Uso adecuado del equipo y materiales.....</i>	<i>8</i>
<i>Manejo y disposición de residuos peligrosos.....</i>	<i>8</i>
<i>Procedimientos en caso de emergencia</i>	<i>8</i>
RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA....	9
PRÁCTICAS.....	12
FUENTES DE INFORMACIÓN	43
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	44
ANEXOS	45

INTRODUCCIÓN

Como parte de las herramientas esenciales para la formación académica de los estudiantes de la Universidad Estatal de Sonora, se definen manuales de práctica de laboratorio como elemento en el cual se define la estructura normativa de cada práctica y/o laboratorio, además de representar una guía para la aplicación práctica del conocimiento y el desarrollo de las competencias clave en su área de estudio. Su diseño se encuentra alineado con el modelo educativo institucional, el cual privilegia el aprendizaje basado en competencias, el aprendizaje activo y la conexión con escenarios reales.

Con el propósito de fortalecer la autonomía de los estudiantes, su pensamiento crítico y sus habilidades para la resolución de problemas, las prácticas de laboratorio integran estrategias didácticas como el aprendizaje basado en proyectos, el trabajo colaborativo, la experimentación guiada y el uso de tecnologías educativas. De esta manera, se promueve un proceso de enseñanza-aprendizaje dinámico, en el que los estudiantes no solo adquieren conocimientos teóricos, sino que también desarrollan habilidades prácticas y reflexivas para su desempeño profesional.

Este manual tiene como propósito guiar al estudiante de ingeniería industrial en manufactura en la realización de prácticas de laboratorio enfocadas en la aplicación de la metodología Seis Sigma y sus herramientas, bajo el enfoque DMAIC y la utilización de técnicas estadísticas y de calidad para la mejora de procesos. Las prácticas están diseñadas para reforzar los conocimientos adquiridos en clase y permitir su aplicación en situaciones reales o simuladas del entorno industrial, promoviendo el pensamiento crítico, el análisis de datos y la mejora continua.

Para el programa educativo de Ingeniero Industrial en Manufactura este manual se integra al plan de estudios como soporte práctico al área profesionalizante y responde a la necesidad de integrar la teoría con la práctica a través de un enfoque sistemático de mejora continua que caracteriza a la metodología Seis Sigma. Su uso fortalece la formación profesional del estudiante, al proporcionarle herramientas que le permiten plantear y resolver problemas complejos en entornos reales de manufactura y servicios, fomentando así el desarrollo de soluciones innovadoras, sostenibles y orientadas a resultados, en concordancia con los estándares de calidad nacionales e internacionales.

Asimismo, este manual contribuye al cumplimiento del perfil de egreso al permitir que el estudiante diseñe experimentos, analice e interprete datos para mejorar procesos, administre sistemas de producción, y proponga soluciones alineadas al contexto social y tecnológico actual.

Competencias blandas (habilidades transversales)

- Trabajo en equipo para colaboración en la identificación y solución de problemas de calidad.
- Comunicación técnica efectiva en la elaboración de reportes, análisis y presentaciones.
- Toma de decisiones durante el desarrollo de soluciones basadas en datos y en la mejora continua.
- Pensamiento crítico y analítico en la interpretación de información compleja y planteamiento de mejoras con sustento estadístico.
- Responsabilidad y gestión del tiempo en la entrega oportuna de actividades prácticas.
- Uso eficiente de tecnologías: aplicación de herramientas digitales y software especializado para el análisis de datos y control de procesos.

Competencias disciplinares

- Comprender los fundamentos del enfoque DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar).
- Identificar y aplicar herramientas estadísticas de calidad como histogramas, diagramas de Pareto, análisis de capacidad, cartas de control, entre otros.
- Diseñar y ejecutar estudios de capacidad de procesos y análisis de causa raíz.
- Aplicar principios de mejora continua con base en evidencia y análisis estadístico.

Competencias profesionales

Las prácticas están orientadas a preparar al estudiante para aplicar los conocimientos adquiridos en contextos reales o simulados del entorno industrial, alineándose con el perfil de egreso del programa:

- Diseñar soluciones innovadoras para la mejora de procesos productivos, considerando criterios de calidad, eficiencia y sustentabilidad.
- Plantear y ejecutar diseños experimentales en ingeniería para analizar datos e inferir comportamientos clave de los procesos.
- Administrar procesos y sistemas de manufactura con base en indicadores de desempeño y estándares internacionales.
- Tomar decisiones con enfoque analítico y orientado a resultados, contribuyendo al desarrollo integral de las organizaciones y a su competitividad.

IDENTIFICACIÓN

Nombre de la Asignatura		Seis Sigma	
Clave	072CE046	Créditos	6
Asignaturas Antecedentes	071CP006 Control de Calidad	Plan de Estudios	2021

Área de Competencia	Competencia del curso
Crear sistemas innovadores de manufactura de bienes servicios, para gestionar la cadena de valor y la mejora continua en empresas de producción de bienes y/o servicios, con espíritu emprendedor y trabajo en equipo, conforme a la normatividad vigente en la materia a nivel nacional e internacional.	Implementar la metodología DMAIC para la mejora de procesos y reducción de desperdicios, apoyado en la normatividad aplicable y vigente y metodologías de mejora continua en ambientes industriales, comerciales o de servicio, utilizando el enfoque en la solución de problemas y la toma de decisiones

Carga Horaria de la asignatura

Horas Supervisadas			Horas Independientes	Total de Horas
Aula	Laboratorio	Plataforma		
2	2	1	2	7

Consignación del Documento

Unidad Académica	Unidad Académica Navojoa
Fecha de elaboración	26/06/2025
Responsables del diseño	Mtra. Patricia Ramona Andrade Salinas Mtro. Juan Pablo Aguilar Limón
Validación	
Recepción	Coordinación de Procesos Educativos

MATRIZ DE CORRESPONDENCIA

PRÁCTICA	PERFIL DE EGRESO
Práctica de laboratorio: Análisis Modal de Fallos y Efectos (FMEA).	Crear soluciones innovadoras bajo estándares de calidad nacional/internacional, con responsabilidad social.
Práctica de laboratorio: Diagrama SIPOC.	Administrar sistemas de manufactura con liderazgo, metas de desempeño y comunicación efectiva.
Práctica de laboratorio: Recolección y organización de datos.	Plantear diseños experimentales para análisis e interpretación de datos, con actitud adaptable ante nuevas tecnologías.
Práctica de laboratorio: Análisis de causa raíz diagrama de Ishikawa.	Crear soluciones innovadoras bajo estándares de calidad nacional/internacional, con responsabilidad social.
Práctica de laboratorio: Diagrama de Pareto.	Plantear diseños experimentales para análisis e interpretación de datos, con actitud adaptable ante nuevas tecnologías.
Práctica de laboratorio: Estudio R&R (Repetibilidad y Reproducibilidad).	Desarrollar procesos de diseño en ingeniería que cumplan con requerimientos, considerando sustentabilidad, trabajo en equipo y enfoque multidisciplinario.
Práctica de laboratorio: Análisis de variación de procesos por variables y atributos.	Plantear diseños experimentales para análisis e interpretación de datos, con actitud adaptable ante nuevas tecnologías.
Práctica de laboratorio: Análisis de capacidad del proceso (Cp y Cpk).	Desarrollar procesos de diseño en ingeniería que cumplan con requerimientos, considerando sustentabilidad, trabajo en equipo y enfoque multidisciplinario.
Práctica de laboratorio: Análisis de varianza (ANOVA).	Plantear diseños experimentales para análisis e interpretación de datos, con actitud adaptable ante nuevas tecnologías.
Práctica de laboratorio: Ciclo DMAIC.	Administrar sistemas de manufactura con liderazgo, metas de desempeño y comunicación efectiva.

NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS

Reglamento general del laboratorio

Atender el reglamento de laboratorio publicado en las instalaciones, ya sea en laboratorio de ingeniería o en sala de cómputo; de manera general los laboratorios deben mantenerse ordenados y limpios en todo momento, evitar el consumo de alimentos o bebidas, atender el horario establecido y seguir las indicaciones de seguridad del personal responsable. El acceso está permitido solo a quienes estén autorizados y se encuentren inscritos en la asignatura. Cualquier daño o falla en equipos, materiales o herramientas debe ser reportado de manera inmediata.

Reglamento de uniforme

Se recomienda vestir ropa cómoda y adecuada para el ambiente de trabajo en laboratorio. En caso de actividades complementarias que involucren equipos electrónicos o herramientas, se debe evitar el uso de prendas sueltas o accesorios que puedan representar riesgo. Se debe usar calzado cerrado para proteger los pies y evitar accidentes

Uso adecuado del equipo y materiales

En caso de necesitar herramientas, equipos y/o materiales deberán solicitarlo a través del proceso definido al responsable de laboratorio y retornarlo al final de la práctica en buenas condiciones. Atender las indicaciones de seguridad establecidas para el manejo de herramientas y portar el equipo de protección personal según lo requiera la práctica. En los laboratorios de cómputo la instalación de softwares no autorizados esta prohibida, se recomienda guardar frecuentemente los archivos para evitar la pérdida de información, para finalizar la practica deberá cerrar los programas y apagar correctamente el equipo.

Manejo y disposición de residuos peligrosos

En este laboratorio no se generan residuos peligrosos en la práctica normal.

Procedimientos en caso de emergencia

En caso de siniestro o cualquier situación de emergencia, se debe seguir las indicaciones del personal responsable. Ubicar las salidas de emergencia y puntos de reunión asignados. Mantener la calma y asistir a compañeros que requieran asistencia.

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC I
	Determinar un problema de calidad, para evaluar el grado de variación y asegurar el cumplimiento de la gestión de calidad de acuerdo a las normas internacionales y tendencias actuales como son ISO 9001:2015 y Seis Sigma, con enfoque a resultados

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 1	Análisis Modal de Fallos y Efectos (FMEA).	Enlistar las funciones de un proceso productivo de ámbito industrial con el fin de determinar los riesgos e identificar y corregir las fallas potenciales orientadas hacia los estándares de manufactura de clase mundial a través del trabajo en equipo.
Práctica No. 2	Diagrama SIPOC.	Definir los elementos clave de un proceso productivo mediante la elaboración de un diagrama SIPOC con el fin de delimitar claramente los proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes en un entorno industrial, bajo el marco metodológico de Seis Sigma, fomentando la comunicación efectiva y el pensamiento sistémico.
Práctica No. 3	Recolección y organización de datos.	Organizar datos cuantitativos y cualitativos de procesos industriales utilizando técnicas de muestreo y formatos estructurados con el objetivo de preparar información confiable para el análisis estadístico, bajo los principios de calidad total y normas ISO 9001, desarrollando responsabilidad y trabajo en equipo.

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC II
	Clasificar las variables críticas del proceso y las posibles soluciones para implementar la mejora continua que lleve a la solución del problemas y trabajo en equipo, basándose en la metodología Lean Six Sigma Green Belt.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 4	Análisis de causa raíz diagrama de Ishikawa	Ilustrar las causas potenciales de un problema a través de la construcción de un diagrama de Ishikawa, con la finalidad de facilitar la resolución estructurada de problemas en procesos industriales, siguiendo los lineamientos de análisis de causa raíz y promoviendo la responsabilidad y el enfoque en la solución de problemas.
Práctica No. 5	Diagrama de Pareto	Interpretar la distribución de defectos de producción mediante el uso del principio de Pareto con el propósito de priorizar acciones de mejora en procesos industriales, de acuerdo con la metodología Seis Sigma, fortaleciendo la toma de decisiones.
Práctica No. 6	Estudio R&R (Repetibilidad y Reproducibilidad).	Validar la confiabilidad de un sistema de medición mediante un estudio R&R en condiciones controladas de laboratorio, con el fin de validar la precisión y consistencia de los datos obtenidos en procesos industriales, conforme a los lineamientos del MSA (Measurement System Analysis) del manual AIAG, desarrollando pensamiento crítico y trabajo en equipo.

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica

EC III

Integrar un plan de control, para estandarizar los nuevos métodos y el impacto previsto de la mejora continua para ejecutar proyectos Lean Six Sigma como estrategia corporativa basada en resultados, ya sea en el ámbito industrial, comercial o de servicios, apegado a los estándares y normatividad aplicable y vigente desde la toma de decisiones y el trabajo en equipo.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 7	Análisis de variación de procesos por variables y atributos	Distinguir los tipos de variación en un proceso productivo con el objetivo de identificar fuentes comunes y especiales de variación bajo estándares estadísticos de calidad industrial, promoviendo el pensamiento crítico.
Práctica No. 8	Análisis de capacidad del proceso (C_p y C_{pk}).	Determinar la capacidad de un proceso para cumplir especificaciones de calidad con la finalidad de evaluar el desempeño del proceso en un contexto de manufactura industrial, conforme a los lineamientos de control estadístico de procesos (SPC), fortaleciendo el enfoque a la solución de problemas.
Práctica No. 9	Análisis de varianza (ANOVA).	Aplicar el análisis de varianza (ANOVA) a datos experimentales para identificar factores significativos que influyen en la calidad de productos industriales, siguiendo principios de diseño de experimentos y normas estadísticas, fomentando el trabajo en equipo.
Práctica No. 10	Ciclo DMAIC.	Integrar el ciclo DMAIC en la resolución de un caso práctico de mejora continua en un entorno industrial para proponer soluciones sostenibles, bajo el enfoque de Seis Sigma y estándares internacionales de calidad, desarrollando trabajo en equipo y toma de decisiones.



PRÁCTICAS

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Análisis Modal de Fallos y Efectos (FMEA)
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Enlistar las funciones de un proceso productivo de ámbito industrial con el fin de determinar los riesgos e identificar y corregir las fallas potenciales orientadas hacia los estándares de manufactura de clase mundial a través del trabajo en equipo.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) es una metodología sistemática y proactiva utilizada para identificar y evaluar posibles fallos en un proceso, sus efectos, sus causas y su criticidad. Su propósito es prevenir errores antes de que ocurran, jerarquizando acciones para mitigarlos. Conceptos clave: • Modo de falla: Cómo podría fallar una función del proceso. • Efecto de la falla: Qué consecuencias tendría esa falla en el cliente o proceso. • Causa raíz: Razón por la cual la falla podría ocurrir. • Severidad (S): Impacto del efecto (escala 1–10). • Ocurrencia (O): Probabilidad de que suceda (escala 1–10). • Detección (D): Capacidad para detectar la falla antes de que llegue al cliente (escala 1–10). • RPN (Número de Prioridad de Riesgo): $S \times O \times D$. Mientras mayor sea, mayor prioridad de acción correctiva.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Formato FMEA (impreso o digital) • Descripción del proceso (previamente investigado por el equipo)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
1. Integración de equipos de 3 a 4 alumnos. 2. Investigación de proceso productivo de una pizza (el ensamble de pizza no deberá contemplar el amasado) 3. Analizar paso a paso el proceso y crear diagrama de flujo. Este deberá incluir como mínimo las siguientes funciones: Extendido de masa, aplicación de salsa y queso, colocación de pepperoni, horneado, corte, empaque y puesta en mostrador. 4. Completar el formato FMEA considerando: • Función del paso • Modo(s) de falla • Causa(s) y efecto(s) • Asignar calificaciones S, O y D

- Calcular el RPN
 - Proponer acciones correctivas/preventivas
5. Identificar fallas con RPN > 100 para priorizar.

RESULTADOS ESPERADOS

- Formato FMEA completo con mínimo 5 fallas documentadas.
- RPN calculado y análisis crítico de los riesgos.
- Propuestas de mejora documentadas para los modos de falla más críticos.
- Discusión sobre la importancia de prevenir errores en procesos con impacto en el cliente.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Preguntas detonantes

- ¿Qué falla detectada representa mayor riesgo para la calidad o la seguridad?
- ¿Qué etapas del proceso fueron más vulnerables a errores humanos?
- ¿Qué mejoras se podrían implementar con bajo costo y alto impacto?
- ¿Cómo se aplicaría este análisis en una pizzería real o en otra industria alimentaria?
- ¿Qué competencias desarrollaste al aplicar el FMEA?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

El uso del FMEA en procesos permite fortalecer el pensamiento crítico y la capacidad de prevención. Esta práctica conecta la teoría con procesos cotidianos, enfatizando la importancia de la calidad del producto, satisfacción del cliente y prevención de fallas, reforzando además habilidades como la colaboración, organización del pensamiento y evaluación de riesgos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Realizar un FMEA alternativo para una pizza vegetariana y agregar al reporte de práctica

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Reporte de práctica en formato institucional
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de reporte de prácticas
Formatos de reporte de prácticas	

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Diagrama SIPOC.
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Definir los elementos clave de un proceso productivo mediante la elaboración de un diagrama SIPOC con el fin de delimitar claramente los proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes en un entorno industrial, bajo el marco metodológico de Seis Sigma, fomentando la comunicación efectiva y el pensamiento sistémico

FUNDAMENTO TEÓRICO
El diagrama SIPOC (Supplier–Input–Process–Output–Customer) es una herramienta visual utilizada en la fase Definir del ciclo DMAIC de Seis Sigma. Su objetivo es identificar y delimitar los componentes clave de un proceso, permitiendo una comprensión compartida entre los miembros del equipo y las partes interesadas. SIPOC contribuye a estructurar el pensamiento sistémico al mapear de manera clara las relaciones entre proveedores (internos o externos), las entradas que aportan, el proceso en estudio, sus salidas, y los clientes finales. Es especialmente útil en la definición de proyectos de mejora continua y para alinear expectativas con los requerimientos del cliente.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Computadora con acceso a: Microsoft Word, Excel, PowerPoint o software de diagramación, acceso a la plataforma institucional para entrega y retroalimentación. • Formato SIPOC (digital o impreso). • Caso o proceso industrial simulado (puede usarse un proceso básico de ensamble, elaboración de un producto o proceso administrativo).

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
1. Lectura del caso base en equipo (proceso industrial proporcionado por la docente o elegido por el equipo con autorización). 2. Identificación de cada componente del SIPOC: • <i>Proveedores:</i> ¿Quién entrega las entradas? • <i>Entradas:</i> ¿Qué materiales, datos o insumos se reciben? • <i>Proceso:</i> ¿Qué actividades clave se realizan? • <i>Salidas:</i> ¿Qué se produce? • <i>Clientes:</i> ¿Quién recibe el resultado? 3. Construcción del diagrama SIPOC en el formato seleccionado. 4. Revisión cruzada entre equipos para validar claridad y coherencia. 5. Discusión grupal guiada: compartir resultados y reflexionar sobre el valor del enfoque sistémico en mejora de procesos. 6. Entrega del reporte digital de acuerdo a rúbrica en plataforma educativa.

RESULTADOS ESPERADOS

- Diagrama SIPOC bien estructurado que muestre de forma clara los cinco elementos del proceso.
- Identificación adecuada de los límites del proceso y relación cliente-proveedor.
- Capacidad del estudiante para explicar su diagrama y justificar las decisiones tomadas.
- Reporte escrito con descripción del procedimiento y reflexiones.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Preguntas detonantes para el análisis de resultados

- ¿Cómo ayuda el SIPOC a comprender mejor un proceso ya sea industrial, comercial o de servicio?
- ¿Qué dificultades encontraron al identificar los proveedores y clientes del proceso?
- ¿Qué tipo de decisiones estratégicas podrían tomarse a partir del SIPOC?
- ¿Cómo contribuye esta herramienta a mejorar la comunicación en un equipo multidisciplinario?
- ¿Qué aspectos del proceso podrían ser candidatos a mejora tras esta visualización?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

El estudiante deberá reflexionar sobre cómo la utilización del diagrama SIPOC permite estructurar el análisis de procesos desde un enfoque global, considerando tanto a los actores internos como externos. Asimismo, deberá identificar cómo esta herramienta puede utilizarse en proyectos reales de mejora continua, facilitando la colaboración entre áreas y la alineación con los objetivos del cliente. Se reforzará la importancia de pensar de manera sistémica, ordenada y visual para lograr una mejora eficiente en la industria manufacturera.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Seleccionar un proceso cotidiano (como solicitar un crédito, hacer una pizza o registrarse en la universidad) o un proceso real observado en las prácticas profesionales y construir un SIPOC de forma individual.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Reporte de práctica en formato institucional
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de reporte de prácticas
Formatos de reporte de prácticas	

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Recolección y organización de datos.
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Organizar datos cuantitativos y cualitativos de procesos industriales utilizando técnicas de muestreo y formatos estructurados con el objetivo de preparar información confiable para el análisis estadístico, bajo los principios de calidad total y normas ISO 9001, desarrollando responsabilidad y trabajo en equipo.

FUNDAMENTO TEÓRICO
En la metodología Seis Sigma, la toma de decisiones debe estar respaldada por datos objetivos. La fase Medir (Measure) del ciclo DMAIC tiene como objetivo recolectar información relevante, confiable y válida para cuantificar el desempeño del proceso y sustentar análisis posteriores (como capacidad, variación o causas raíz). La recolección de datos debe considerar: • El tipo de datos (cuantitativos o cualitativos). • La unidad de análisis (pieza, lote, hora, evento). • El método de muestreo (aleatorio, sistemático, estratificado, etc.). • El formato de registro (checklist, hoja de inspección, bitácora, etc.). • La organización de datos (tablas, gráficas, histogramas). Una buena recolección de datos permite analizar variación, establecer líneas base, detectar problemas ocultos y tomar decisiones fundamentadas. Se apoya en los estándares de calidad como ISO 9001, los principios del control estadístico de procesos (SPC) y metodologías como Gemba y 5S.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Piezas tipo lego, botones o dulces (mínimo 100 unidades por equipo, mezcladas por forma, color o tamaño). • Bolsas de tamaño suficiente para albergar 10 piezas • Formatos de recolección de datos impreso. • Cronómetro o aplicación móvil para medición de tiempo. • Calculadora o software Excel/Minitab. • Espacio de trabajo limpio y delimitado para el ejercicio de empaque.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
• Lectura del objetivo del ejercicio práctico: se simulará un proceso de empaque de 10 unidades específicas por bolsa, con una composición previamente establecida (ej. 3 rojos, 2 azules, 5 verdes). • Formación de equipos (máximo 6 estudiantes). • Definición de criterios de inspección: se determinará qué defectos o errores pueden ocurrir (piezas faltantes, de más, mezcla incorrecta).

- **Ejecutar 50 repeticiones del proceso de empaque** bajo condiciones controladas, un solo operador hará el empaque, un manejador de materiales, un tomador de tiempo de operación, un inspector de calidad que verifique la conformidad del producto, un recolector de datos y un coordinador de proceso.
- **Diseñar y llenar un formato de recolección de datos**, registrando errores por tipo y frecuencia.
- **Organizar los datos recolectados** en tablas y gráficas (frecuencias, defectos totales por repetición, porcentajes).
- **Generar reporte escrito** con la descripción del procedimiento, hallazgos y reflexiones iniciales y entregar en plataforma educativa.

Aspectos a considerar:

- El manejador de materiales puede surtir el material mezclado, separado por colores en contenedores o con materiales sorpresa (clips, borradores) para crear ruido en el sistema productivo y evaluar la capacidad de reacción y análisis de los estudiantes,
- Evitar que el estudiante intervenga en el mismo proceso que inspecciona (evitar sesgos).
- Asegurarse de que todos los equipos recolecten la misma cantidad de datos para fines comparativos.

RESULTADOS ESPERADOS

- Registro estructurado y preciso de datos del proceso de empaque.
- Identificación de patrones de defectos o errores.
- Organización de la información en tablas y gráficas básicas.
- Reporte escrito con descripción del procedimiento y reflexiones.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Preguntas detonantes para el análisis de resultados

- ¿Qué tipos de errores fueron los más frecuentes y por qué?
- ¿Qué tanto influyó el método de trabajo en los defectos observados?
- ¿Los datos recolectados permiten tomar decisiones claras sobre el proceso?
- ¿Qué mejoras inmediatas podrían aplicarse al proceso de empaque?
- ¿Cómo se relaciona esta experiencia con la importancia de la precisión en datos reales?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Al concluir esta práctica, el estudiante comprenderá la importancia de medir antes de decidir. La recopilación adecuada de datos es un paso crítico para el diagnóstico de problemas y mejora de procesos, ya que permite fundamentar acciones en hechos y no en suposiciones. Además, sensibiliza al alumno sobre la necesidad de estructurar formatos, cuidar la consistencia en el registro, y utilizar la información con fines de análisis estadístico. Esta habilidad es esencial para cualquier

ingeniero industrial que busque implementar mejoras basadas en evidencia dentro de sistemas de manufactura o servicios.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Usar los datos recolectados para construir un histograma en Minitab o Excel.

Realizar un diagrama de Ishikawa para el defecto que se repite con más frecuencia.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Reporte de práctica en formato institucional
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de reporte de prácticas
Formatos de reporte de prácticas	

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Análisis de causa raíz diagrama de Ishikawa.
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Ilustrar las causas potenciales de un problema a través de la construcción de un diagrama de Ishikawa, con la finalidad de facilitar la resolución estructurada de problemas en procesos industriales, siguiendo los lineamientos de análisis de causa raíz y promoviendo la responsabilidad y el enfoque en la solución de problemas.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama causa-efecto, es una herramienta fundamental en las fases Definir y Analizar del ciclo DMAIC. Su propósito es identificar, categorizar y visualizar de forma estructurada las posibles causas de un problema de calidad. Fue desarrollado por el Dr. Kaoru Ishikawa en la década de 1960 y es ampliamente utilizado en metodologías de mejora continua como Seis Sigma, Lean Manufacturing y Control Total de Calidad. Esta herramienta clasifica las causas bajo categorías comúnmente conocidas como los 6M en la industria manufacturera: • Método (procedimientos de trabajo) • Mano de obra (personas involucradas) • Máquina (equipos y tecnología) • Material (insumos utilizados) • Medio ambiente (condiciones físicas) • Medición (instrumentos y sistemas de medición) Pasos para la elaboración de un diagrama de Ishikawa 1. Definir claramente el problema o efecto a analizar y escribirlo en el extremo derecho del diagrama (la “cabeza del pez”). 2. Trazar una flecha horizontal principal, de izquierda a derecha que representa la “espina dorsal”. 3. Dibujar ramas diagonales principales en flecha hacia la línea central, cada una etiquetada con una de las categorías del 6M (o adaptadas a servicios si aplica). 4. Lluvia de ideas para identificar los factores más importantes (causas) que puedan generar la fluctuación de la característica de calidad (efecto) dentro de cada categoría. 5. Agregar subcausas a cada rama principal si es necesario, para profundizar en el análisis. Y verificar que todos los factores causales hayan sido anexados al diagrama. 6. Revisar y priorizar causas con el equipo, los factores se analizan de manera crítica en términos de su probable contribución a todo el problema. Es posible que este proceso también tienda a identificar soluciones potenciales. Esta herramienta permite una comprensión compartida del problema, facilita la colaboración entre áreas y orienta al equipo hacia soluciones fundamentadas.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

- Computadora con acceso a: Microsoft Word, Excel, PowerPoint o software de diagramación, acceso a la plataforma institucional para entrega y retroalimentación.
- Formato guía diagrama de Ishikawa.
- Caso práctico o situación problema planteada por el docente.
- Hojas, plumones y rotafolio.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. **Lectura y análisis del caso problema** relacionado con defectos, fallas o insatisfacción del cliente. En este apartado el docente puede promover un caso práctico acorde a la disponibilidad de material o un caso hipotético de acuerdo a la situación general del grupo y los tiempos disponibles. Se sugieren actividades tipo ensamble de productos (plumones, legos, rompecabezas), empaque de productos una cantidad exacta de piezas (tipo y número) por bolsa, simulando línea de empaque de producto, o casos hipotéticos como bases quemadas de pan de pastel, mal etiquetado de productos, pedidos de comida entregados incompletos en una app delivery.
2. **Formación de equipos** (máximo 5 estudiantes) y discusión grupal para definir claramente el “efecto” o problema principal.
3. **Construcción del diagrama de Ishikawa**, categorizando las posibles causas bajo los 6M (Método, Mano de obra, Máquina, Material, Medio ambiente, Medición).
4. **Identificación de causas raíz probables** con base en discusión lógica o consenso grupal.
5. **Socialización** de resultados y discusión abierta entre equipos para contrastar enfoques.
6. **Elaboración del reporte digital** de acuerdo a rúbrica en plataforma educativa.

RESULTADOS ESPERADOS

- Diagrama de Ishikawa completo, claro y coherente, con al menos 5 causas por categoría.
- Identificación argumentada de al menos una causa raíz prioritaria.
- Comprensión del enfoque causa-efecto para resolver problemas de calidad.
- Reporte escrito con descripción del procedimiento y reflexiones.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Preguntas detonantes para el análisis de resultados

- ¿Cuál fue el mayor reto al construir el diagrama de Ishikawa?
- ¿Cómo se validaron o priorizaron las causas identificadas?
- ¿Qué tan útil consideran esta herramienta para prevenir defectos en procesos reales?
- ¿Qué diferencia existe entre causa raíz y causa aparente?
- ¿Cómo se relaciona esta práctica con su futuro rol como ingenieros en mejora continua?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Al concluir esta práctica, el estudiante comprenderá la importancia de aplicar herramientas estructuradas para el análisis de problemas en procesos industriales. El diagrama de Ishikawa permite visualizar las posibles causas de un efecto no deseado y organizarlas de manera lógica y categorizada, lo cual facilita la identificación de causas raíz en vez de enfocarse en los síntomas. Construir este diagrama en equipo promueve la colaboración interdisciplinaria, el intercambio de ideas fundamentadas y la escucha activa, habilidades indispensables en entornos de mejora continua.

Este ejercicio conecta directamente con la práctica profesional del ingeniero industrial, ya que la capacidad de diagnosticar problemas desde múltiples perspectivas y proponer soluciones basadas en evidencia es esencial para implementar proyectos de calidad y mejora sustentable en industrias de bienes y servicios.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Aplicar la herramienta a un proceso de servicio (restaurante, atención médica, trámite escolar) para comparar el análisis entre industria y servicios e incluirlo en el reporte de práctica a entregar.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Reporte de práctica en formato institucional
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de reporte de prácticas
Formatos de reporte de prácticas	

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Diagrama de Pareto
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Interpretar la distribución de defectos de producción mediante el uso del principio de Pareto con el propósito de priorizar acciones de mejora en procesos industriales, de acuerdo con la metodología Seis Sigma, fortaleciendo la toma de decisiones.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El principio de Pareto, también conocido como la regla del 80/20, fue introducido por Vilfredo Pareto y adaptado a la gestión de calidad por Joseph Juran. Establece que aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas. Esta herramienta es fundamental en el análisis de datos dentro del ciclo Analizar del modelo DMAIC en Seis Sigma. El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica que permite visualizar las causas de un problema clasificadas por orden de frecuencia, facilitando la toma de decisiones al identificar las causas más significativas. Se construye mediante: • Recolección y clasificación de datos por tipo de defecto o falla. • Conteo de frecuencia de cada tipo. • Cálculo de porcentajes acumulados. • Representación gráfica con barras y línea de acumulado. El análisis Pareto ayuda a focalizar los recursos de mejora en los problemas que generan mayor impacto. Combinado con otras herramientas como Ishikawa o FMEA, permite estructurar planes de acción efectivos y sostenibles.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Computadora con Minitab versión 18 o superior. • Archivo de datos simulados en formato .xlsx o .csv (proporcionado). • Conocimiento básico de manejo de hojas de datos en Minitab.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
Escenario simulado: Una empresa de empaquetado de galletas detecta defectos recurrentes en su proceso. Se recopilan datos de 100 unidades inspeccionadas y se clasifican los defectos encontrados por tipo. La base de datos proporciona también el turno de producción, el tipo de producto, y el operador de empaque.

Pasos:

1. Descargar y abrir el archivo con los datos (incluido en el anexo 3 de este manual).
2. En Minitab, importar los datos con columnas:
 - *Turno*
 - *Producto*
 - *Tipo de defecto*
 - *Operador*
 - *Cantidad de defectos. (Frecuencia)*
3. Ir a:
Stat > Quality Tools > Pareto Chart
4. En *Defects or attribute data in* seleccionar la variable “Tipo de defecto” y *frequencies in* seleccione “Cantidad de defectos”. Es importante establecer que se evaluarán todos los atributos siempre en comparación con la frecuencia.
5. Ejecutar el análisis.
6. Interpretar la gráfica generada.
7. Hacer las distintas corridas comparando:

Defects or attribute data in “Turno” vs *frequencies in* “Cantidad de defectos”

Defects or attribute data in “Producto” vs *frequencies in* “Cantidad de defectos”

Defects or attribute data in “Operador” vs *frequencies in* “Cantidad de defectos”
8. Responder las preguntas detonantes y elaborar un reporte con captura del gráfico y conclusiones.

RESULTADOS ESPERADOS

- Diagramas de Pareto contruidos correctamente.
- Identificación de los defectos más relevantes.
- Análisis de los factores relacionados con los defectos, interpretación y propuesta de acciones.
- Reporte escrito con análisis, captura de gráficas y reflexiones.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Preguntas detonantes para el análisis de resultados

- ¿Qué defectos representan el mayor porcentaje acumulado?
- ¿Qué proporción del total de defectos explican las dos primeras categorías?
- ¿Qué defectos tienen menor impacto y pueden priorizarse menos?
- ¿La variable operador es significativa en este análisis?
- ¿Es significativo el tipo de producto en referencia a la cantidad de defectos?
- ¿Existe una diferencia significativa de acuerdo al turno con la cantidad de defectos?
- ¿Qué mejoras podrían implementarse a corto plazo con base en esta información?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Esta práctica permite al estudiante experimentar el proceso de priorización de problemas mediante datos reales o simulados, utilizando herramientas gráficas fundamentales como el diagrama de Pareto. El alumno comprenderá la importancia de enfocar esfuerzos de mejora en las causas más significativas, optimizando tiempo y recursos en ambientes industriales reales, de la misma manera al evaluar otros factores relacionados al proceso puede tener un enfoque holístico de las variables relacionadas e intervenir con acciones de mejora.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Realizar un diagrama de Ishikawa para el defecto con mayor impacto e incluirlo en el reporte de práctica a entregar.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Reporte de práctica en formato institucional
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de reporte de prácticas
Formatos de reporte de prácticas	

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Estudio R&R (Repetibilidad y Reproducibilidad).
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Validar la confiabilidad de un sistema de medición mediante un estudio R&R en condiciones controladas de laboratorio, con el fin de validar la precisión y consistencia de los datos obtenidos en procesos industriales, conforme a los lineamientos del MSA (Measurement System Analysis) del manual AIAG, desarrollando pensamiento crítico y trabajo en equipo.

FUNDAMENTO TEÓRICO
En proyectos de mejora continua, es esencial contar con datos confiables. El estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) es una técnica estadística utilizada para evaluar si un sistema de medición es suficientemente preciso para el proceso que se está controlando. • Repetibilidad: mide la variación cuando un mismo operador mide una misma pieza con el mismo instrumento, en condiciones constantes. • Reproducibilidad: evalúa la variación cuando diferentes operadores miden la misma pieza con el mismo instrumento. Este estudio permite detectar si la variabilidad observada se debe a: • El proceso en sí (variabilidad natural entre piezas). • El instrumento de medición (inexactitud de la báscula). • La forma en que se utiliza el instrumento (errores humanos u operativos). Si la variabilidad del sistema de medición representa un porcentaje significativo de la variación total, puede ocultar problemas reales del proceso o generar falsas alarmas, afectando decisiones de calidad.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Computadora con Minitab versión 18 o superior. • Archivo de datos simulados en formato .xlsx o .csv (proporcionado). • Conocimiento básico de manejo de hojas de datos en Minitab. (Video en fuentes de información)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
Se simulará el uso de una báscula digital para verificar el peso de paquetes de café molido de 500 gramos en el área de empaque. El objetivo es evaluar la confiabilidad del sistema de medición. Contexto simulado • Se seleccionaron 10 piezas distintas (bolsas de café). • Tres operadores realizaron 3 mediciones por cada pieza, utilizando la misma báscula. • Se controló la temperatura y condiciones del área.

- Las mediciones fueron alternadas para evitar sesgo por orden o cansancio.
- Cada registro incluye: número de pieza, operador, repetición y resultado de peso.
- La tabla de registros generados se encuentra en el apartado de anexos.

Instrucciones para el software Minitab

1. Abrir Minitab y cargar el archivo con las columnas (recuerde que deberá apilar los datos de los tres operadores en solamente tres columnas)
 - *Pieza* (numérica)
 - *Operador* (texto)
 - *Peso (g)* (numérica)
2. Ir a: Estadísticas > Herramientas de calidad > Estudio de sistemas de medición > Estudio R&R (Cruzado)
3. Seleccionar:
 - *Respuesta*: Peso (g)
 - *Partes*: Pieza
 - *Operadores*: Operador
4. Ejecutar el análisis e interpretar los resultados

Minitab generará varios resultados importantes:

- Gráfico de dispersión por operador
- Gráfica de interacción pieza-operador
- Gráfica de medias y rangos

Tabla de resultados:

- % Contribution (porcentaje de variación)

Repeatability: variación por operador individual

Reproducibility: variación entre operadores

Total Gage R&R: suma de ambas

- *Study Variation*: se compara contra la variabilidad del proceso

5. Evaluar el sistema de medición tomando en cuenta la información obtenida:

Utilice la siguiente guía de interpretación:

% R&R Total Evaluación del sistema

≤ 10%	Aceptable (preciso)
10–30%	Condicional (mejorable)
> 30%	Inaceptable

Revise también si:

- Un operador es más variable que otros
- Hay interacción significativa entre operador y pieza
- La báscula muestra errores sistemáticos

RESULTADOS ESPERADOS

- Archivo de resultados de Minitab con análisis R&R interpretado.
- Identificación del porcentaje de error atribuible al sistema de medición.
- Conclusiones sobre la confiabilidad de la báscula utilizada.
- Reporte escrito con análisis, captura de gráficas y reflexiones.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Preguntas detonantes para el análisis de resultados
- ¿Qué porcentaje del total de la variación corresponde al sistema de medición?
- ¿Existe alguna diferencia significativa entre operadores?
- ¿La báscula utilizada es adecuada para el proceso de control de peso?
- ¿Se observó alguna pieza que causara mucha variabilidad?
- ¿Qué medidas podrían aplicarse para mejorar el sistema de medición?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Este estudio permite al estudiante aplicar una herramienta fundamental para la validación de sistemas de medición, paso previo al control estadístico de procesos. El análisis de R&R facilita la toma de decisiones sobre calibración de instrumentos, capacitación del personal, y adecuación de procedimientos de inspección. En la industria alimenticia, donde el peso es crítico para cumplimiento normativo y satisfacción del cliente, asegurar la precisión y repetibilidad de las básculas es vital. La práctica fortalece además el dominio de herramientas estadísticas en Minitab y el juicio crítico en contextos reales de manufactura.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Analizar un subconjunto de datos por operador y estimar su variabilidad individual e incluirlo en el reporte de práctica a entregar.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	
Criterios de evaluación	Reporte de práctica en formato institucional
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de reporte de prácticas
Formatos de reporte de prácticas	

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Análisis de variación de procesos por variables y atributos.
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Distinguir los tipos de variación en un proceso productivo con el objetivo de identificar fuentes comunes y especiales de variación bajo estándares estadísticos de calidad industrial, promoviendo el pensamiento crítico.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Todo proceso de manufactura está sujeto a variación natural o inducida. Existen dos tipos de causas:

- Causas comunes: son inherentes al sistema, aleatorias, y representan la variación natural del proceso. Están presentes todo el tiempo y se consideran normales dentro de ciertos límites estadísticos.
- Causas especiales: son inusuales y surgen por cambios en materiales, métodos, maquinaria, mano de obra o entorno. Su presencia indica un problema que puede y debe corregirse.

El análisis de esta variación es fundamental para mantener procesos bajo control estadístico, lo cual significa que las causas especiales han sido eliminadas y solo persisten las comunes. Para monitorear y detectar estas variaciones, se emplean los gráficos de control, herramienta clave en la fase Controlar del ciclo DMAIC de Seis Sigma.

Tipos de Gráficos de Control y su Aplicación

Los gráficos de control se seleccionan en función de dos criterios principales:

1. Tipo de dato (variable continua o atributo)
2. Tamaño de muestra (individual o por subgrupos)

A) Gráficos de control para datos por variables

Los datos por variables son aquellos que se pueden medir en una escala continua, como peso, largo, temperatura o tiempo.

1. Gráfico $\bar{X}$ -R (X barra – Rango):
 - Úselo cuando se tienen subgrupos pequeños ($n = 2$ a 9).
 - Permite monitorear la media y la dispersión del proceso simultáneamente.
 - Ejemplo: peso de 4 botellas por turno.
2. Gráfico $\bar{X}$ -S (X barra – Desviación estándar):
 - Úselo con subgrupos grandes ($n \geq 10$).
 - Sustituye el rango por la desviación estándar para un análisis más preciso.
3. Gráfico X-MR (Individuales – Rango móvil):
 - Úselo cuando solo se tiene un dato por muestra ($n = 1$).
 - Muestra la estabilidad del proceso cuando los datos se toman de manera individual.

B) Gráficos de control para datos por atributos

Los datos por atributos representan conteos o clasificaciones, como unidades defectuosas o número de errores.

1. Gráfico p (proporción de defectuosos):
 - Úselo cuando el tamaño de la muestra varía.
 - Controla la proporción de unidades defectuosas por muestra.
 - Ejemplo: número de etiquetas mal colocadas en 100 botellas.
2. Gráfico np (número de defectuosos):
 - Úselo cuando el tamaño de la muestra es constante.
 - Similar al gráfico p, pero en números absolutos.
3. Gráfico c (conteo de defectos):
 - Úselo para contar defectos por unidad inspeccionada.
 - Cada unidad puede tener más de un defecto.
4. Gráfico u (defectos por unidad):
 - Úselo cuando el número de unidades inspeccionadas varía.
 - Mide la tasa promedio de defectos por unidad inspeccionada.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

- Computadora con Minitab versión 18 o superior.
- Archivo de datos simulados en formato .xlsx o .csv (Anexo 4).
- Conocimiento básico de manejo de hojas de datos en Minitab.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Escenario simulado:

Una línea de producción empaca botellas de jugo. Se toma una muestra diaria durante 15 días, midiendo:

- El peso de 4 botellas por día (variable continua).
- La cantidad de etiquetas mal colocadas por lote de 100 (atributo).

Pasos para el análisis de variación por variables (Peso en gramos)

1. Ingresar los datos en Minitab con columnas: Día, Peso Botella 1, Peso Botella 2, Peso Botella 3, Peso Botella 4, Defectos (etiquetas) y tamaño de lote.
2. Ir a: Stat > Control Charts > Variable Charts for Subgroups > Xbar-R

3. Seleccionar la opción: `Observations for a subgroup are in one row of column` y posterior a ello darle doble click para seleccionar `Peso Botella 1`, `Peso Botella 2`, `Peso Botella 3` y `Peso Botella 4` que son las columnas de mediciones.
4. Ejecutar y analizar si hay puntos fuera de control o patrones de inestabilidad.

Pasos para el análisis de variación por atributos (Errores de etiqueta)

1. Ingresar una columna con el número de defectos por lote y otra con tamaño de muestra.
2. Ir a: `Stat > Control Charts > Attribute Charts > P`
3. Establecer:
 - Defectos: columna de etiquetas mal colocadas
 - Inspeccionados: columna con tamaño (100)
4. Generar el gráfico p y evaluar causas especiales.

RESULTADOS ESPERADOS

- Gráfico $\bar{X}$ -R mostrando comportamiento de la variable “peso”.
- Gráfico p mostrando comportamiento de defectos por atributo.
- Identificación de causas comunes o especiales.
- Reporte escrito con análisis, captura de gráficas y reflexiones.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Preguntas detonantes para el análisis de resultados

- ¿El proceso es estable para ambas mediciones?
- ¿Se detectan causas especiales? ¿Cuáles podrían ser?
- ¿Qué diferencias observa entre el control por variables y por atributos?
- ¿Qué decisiones tomaría como ingeniero de calidad?
- ¿Cómo afecta la variación a la satisfacción del cliente?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Esta práctica fortalece la comprensión de los fundamentos de control estadístico de procesos, distinguiendo entre tipos de variación y su análisis por variables y atributos. Permite desarrollar habilidades para la observación crítica, manejo cuidadoso de datos, uso técnico de Minitab y la generación de propuestas técnicas en la gestión de la calidad.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Investigar un caso real de causa especial en la industria alimentaria y presentarlo al grupo..

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Cráterios de evaluación	Reporte de práctica en formato institucional
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de reporte de prácticas
Formatos de reporte de prácticas	

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Análisis de la capacidad del proceso (Cp y Cpk)
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Determinar la capacidad de un proceso para cumplir especificaciones de calidad con la finalidad de evaluar el desempeño del proceso en un contexto de manufactura industrial, conforme a los lineamientos de control estadístico de procesos (SPC), fortaleciendo el enfoque a la solución de problemas.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El análisis de capacidad es una herramienta de Seis Sigma que ayuda a evaluar el estado actual del proceso con respecto a los límites especificados con el cliente. La capacidad del proceso es una medida estadística que evalúa la habilidad de un proceso para producir resultados dentro de los límites de especificación establecidos. Los índices Cp y Cpk son métricas clave para este análisis: • Cp (Capacidad del proceso) evalúa la variación del proceso en relación con el rango de especificación, sin considerar su centrado. • Cpk (Índice de capacidad del proceso ajustado) considera tanto la variabilidad como la desviación del promedio respecto al objetivo nominal. Suposiciones para el análisis de capacidad: • Estabilidad, el proceso es estable o “bajo control” con respecto a cambios o movimientos hechos a través del tiempo. • Normalidad, los datos son normales cuando calculas los medidas estándares. Interpretación • $Cp \geq 1.33$: proceso potencialmente capaz • $Cpk \geq 1.33$: proceso realmente capaz y centrado • $Cp < 1$ o $Cpk < 1$: proceso no capaz.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Computadora con Minitab versión 18 o superior. • Archivo de datos simulados en formato .xlsx o .csv (Anexo 5). • Conocimiento básico de manejo de hojas de datos en Minitab. (Video en fuentes de información)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
Contexto simulado La característica evaluada es el diámetro de barrenos realizados en una estructura metálica. Cuyo valor nominal es de 8 mm, las tolerancias establecidas por el cliente son -1/+2 mm, es decir:

- LSL (Límite inferior de especificación) = 7 mm
- USL (Límite superior de especificación) = 10 mm

Se registraron 3 mediciones por día durante 36 días (108 observaciones). La distribución de los datos recabados se ajusta a la normalidad y el proceso es estable a lo largo del tiempo.

1. Abrir Minitab y cargar el archivo con las columnas: OBS 1, OBS 2, OBS 3.
2. Cree una columna adicional llamada "Observaciones" que combine los tres grupos (puede usar `Stack Columns` en Minitab). También puede usar la opción de `Subgroups across rows of` y seleccionar las tres columnas de observaciones si no se desea hacer una sola columna con `Stack`.
3. Ingrese los límites de especificación: LSL = 7 y USL = 10 respectivamente.
4. Ir a: `Stat > Quality Tools > Capability Analysis > Normal`
5. Seleccione la columna de observaciones.
6. Active la opción de mostrar histograma con curvas normal y límites de especificación.
7. Analice los índices Cp y Cpk y determine si el proceso es capaz y centrado.

RESULTADOS ESPERADOS

- Histograma con distribución de los datos y superposición de especificaciones.
- Tabla con los índices Cp, Cpk, Pp y Ppk.
- Interpretación técnica de la capacidad del proceso.
- Reporte escrito con análisis, captura de gráficas y reflexiones.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Preguntas detonantes para el análisis de resultados

- ¿Cuál es el valor de Cp y qué indica sobre la variabilidad?
- ¿Cuál es el valor de Cpk y qué nos dice sobre el centrado del proceso?
- ¿El proceso cumple con un índice $Cpk \geq 1.33$?
- ¿Qué medidas pueden tomarse para mejorar la capacidad del proceso si no es adecuada?
- ¿Qué ventajas ofrece Minitab frente a métodos manuales?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Esta práctica permite al estudiante identificar si un proceso cumple con los estándares de calidad establecidos y es capaz de producir dentro de los límites de especificación. Se refuerza el pensamiento crítico, el análisis basado en datos y el uso responsable de herramientas estadísticas.

Además, se fomenta la capacidad para argumentar propuestas de mejora técnica basadas en los hallazgos obtenidos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Identificar cómo afectaría una reducción en la tolerancia (e.g., ± 0.5 mm) para comentarlo de manera grupal

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Reporte de práctica en formato institucional
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de reporte de prácticas
Formatos de reporte de prácticas	

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Análisis de varianza (ANOVA)
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Aplicar el análisis de varianza (ANOVA) a datos experimentales para identificar factores significativos que influyen en la calidad de productos industriales, siguiendo principios de diseño de experimentos y normas estadísticas, fomentando el trabajo en equipo..

FUNDAMENTO TEÓRICO
El Análisis de Varianza (ANOVA) es una técnica estadística que permite comparar las medias de tres o más grupos para determinar si existe una diferencia significativa entre ellas. Básicamente, compara la variabilidad entre los grupos con la variabilidad dentro de los grupos. Si la variabilidad entre grupos es significativamente mayor que la variabilidad dentro de los grupos, se puede concluir que las medias de los grupos son diferentes. A diferencia de múltiples t-tests, ANOVA mantiene el nivel de significancia (α) sin inflar el error tipo I. Conceptos clave • Hipótesis nula (H_0): Las medias de los grupos son iguales. • Hipótesis alternativa (H_1): Al menos una media es diferente. • Valor-p: Si es menor que el nivel de significancia (generalmente 0.05), se rechaza H_0. • F: Estadístico de prueba que compara la variación entre grupos con la variación dentro de los grupos. Tipos de ANOVA: ANOVA de un factor (o de una vía): Se utiliza cuando se compara la media de una variable en diferentes niveles de un solo factor. Por ejemplo, comparar el rendimiento de estudiantes en un examen según el tipo de material de estudio utilizado (A, B o C). ANOVA de dos factores (o de dos vías): Se utiliza cuando se comparan las medias de una variable en diferentes niveles de dos o más factores. Por ejemplo, analizar el efecto del tipo de material de estudio y el género sobre el rendimiento en un examen. ANOVA de medidas repetidas: Se utiliza cuando se realizan mediciones repetidas en el mismo sujeto o grupo. Por ejemplo, medir la presión arterial de un paciente antes, durante y después de la administración de un medicamento.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

- Computadora con Minitab versión 18 o superior.
- Cronómetro (manual o digital)
- Hojas de papel reciclado (para simular proceso repetitivo)
- Minitab versión 18 o superior
- Tabla de recolección de datos
- Conocimiento básico de manejo de hojas de datos en Minitab.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Escenario práctico: armado de aviones de papel

Objetivo: Medir el tiempo que tres operadores (o más, si hay disponibilidad) tardan en realizar una misma tarea repetitiva: armado de avión de papel (previa entrega de muestra y capacitación para armado). Cada operador realiza la tarea 10 veces.

Pasos a seguir en el laboratorio:

1. Formar equipos de 6 personas 3 operadores y 3 observadores.
2. Cada operador realiza la misma tarea 10 veces, de forma consecutiva y sin ayuda.
3. Registrar con cronómetro el tiempo total (en segundos) que toma cada ejecución.
4. Llenar una tabla como esta:

Operador	Repetición	Tiempo (s)
A	1	10.5
A	2	11.0
...	...	...
C	5	9.8

5. Guardar los datos para análisis en Minitab.

Pasos a seguir en Minitab:

1. Ingresar los datos en dos columnas:
 - Columna 1: **Operador** (texto)
 - Columna 2: **Tiempo** (numérico)
2. Ir a: Stat > ANOVA > One-Way
3. Seleccionar:
 - **Tiempo** como respuesta
 - **Operador** como factor

4. Revisar:

- Tabla ANOVA
- Gráfica de intervalos de confianza por grupo
- Valor-p

RESULTADOS ESPERADOS

- Tabla ANOVA con estadístico F y valor-p.
- Determinación si las diferencias de tiempos entre operadores son significativas.
- Representación gráfica del comportamiento de cada operador.
- Reporte escrito con análisis, captura de gráficas y reflexiones.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Preguntas detonantes para el análisis de resultados

- ¿Existe una diferencia significativa en los tiempos entre operadores?
- ¿Qué operador mostró más consistencia en sus tiempos?
- ¿Cuál es la fuente principal de variación en esta tarea?
- ¿Qué recomendaciones harías a partir de estos resultados?
- ¿Cómo podrías estandarizar esta operación para reducir variabilidad?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

A través de esta práctica el alumno experimenta con la variabilidad humana en tareas simples de manufactura y aplica técnicas estadísticas para evaluarla de forma objetiva. Se desarrollan habilidades de recolección y análisis de datos, interpretación de resultados, y reflexión sobre la mejora continua en procesos humanos y técnicos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Analizar también la precisión del trabajo y el cumplimiento de acuerdo a los requerimientos establecidos

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Reporte de práctica en formato institucional
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de reporte de prácticas
Formatos de reporte de prácticas	

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Ciclo DMAIC
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Integrar el ciclo DMAIC en la resolución de un caso práctico de mejora continua en un entorno industrial para proponer soluciones sostenibles, bajo el enfoque de Seis Sigma y estándares internacionales de calidad, desarrollando trabajo en equipo y toma de decisiones.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El enfoque DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) es el pilar metodológico de Six Sigma para la mejora continua de procesos. Su aplicación permite estructurar un proyecto desde la identificación del problema hasta su sostenibilidad. Ciclo DMAIC • Definir: Identificación del problema, establecimiento de objetivos, alcance y equipo del proyecto. • Medir: Recolección de datos, definición de métricas clave, establecimiento de línea base del proceso. • Analizar: Identificación de causas raíz, priorización de problemas mediante herramientas como Ishikawa, Pareto o ANOVA. • Mejorar: Desarrollo de soluciones, validación de propuestas mediante pruebas piloto o simulaciones. • Controlar: Estandarización, documentación, seguimiento con gráficos de control y planes de verificación.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Computadora con Minitab versión 18 o superior. • Formatos DMAIC (definición de proyecto, hojas SIPOC, matriz de causas, etc.) • Acceso a una empresa real. • Cronómetro, formatos de recolección de datos, cámaras, entrevistas, etc. • Conocimiento básico de manejo de hojas de datos en Minitab. (Video en fuentes de información)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
Los alumnos integrados en equipo seleccionarán una pequeña o mediana empresa con el fin de aplicar la metodología DMAIC. 1. Definir • Redactar un acta de apertura del proyecto (charter) • Establecer el problema (por ejemplo: "30% de los pedidos especiales se entregan con retraso") • Definir objetivo SMART

- Identificar cliente interno y externo
- Elaborar SIPOC y mapa del proceso actual

2. Medir

- Diseñar un formato de recolección de datos (tiempos de proceso, frecuencia de errores, etc.)
- Tomar una muestra de al menos 30 casos
- Determinar línea base del proceso
- Utilizar las herramientas estadísticas o de calidad aplicables.

3. Analizar

- Aplicar herramientas como Ishikawa, 5 porqués, análisis de variación, R&R o ANOVA si se tienen múltiples factores
- Validar hipótesis con análisis de correlación o control de procesos
- Determinar causas raíz con mayor impacto

4. Mejorar

- Diseñar y evaluar al menos tres soluciones posibles
- Simular o hacer piloto con la mejor opción
- Analizar impacto en la reducción de tiempos, defectos o costos
- Redefinir el proceso y elaborar instructivos actualizados

5. Controlar

- Diseñar un plan de control (checklist, gráficos de control, matriz de verificación)
- Capacitar al personal involucrado
- Establecer métricos de seguimiento (entregas a tiempo, % de retrabajo)
- Elaborar informe final con indicadores de antes y después

RESULTADOS ESPERADOS

- Acta de proyecto con objetivo claro
- SIPOC y mapa del proceso actual
- Diagrama de Pareto, Ishikawa o análisis ANOVA (según aplique)
- Informe de recolección de datos y análisis estadístico
- Plan de mejora con soluciones propuestas y evaluación de impacto
- Estrategia de control y seguimiento
- Presentación ejecutiva del proyecto final
- Reporte escrito con análisis, captura de gráficas y reflexiones.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Preguntas detonantes para el análisis de resultados

- ¿Cómo justificaste el problema seleccionado como prioritario?
- ¿Qué dato fue clave para entender el origen del problema?
- ¿Qué solución implementada tuvo mayor impacto y por qué?
- ¿Cómo se garantizará que la mejora será sostenible?
- ¿Qué retos enfrentó el equipo en el desarrollo del proyecto?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Esta práctica permite al estudiante aplicar integralmente la metodología Six Sigma en un contexto real, fortaleciendo no solo el análisis de datos y la mejora de procesos, sino también habilidades directivas clave como la comunicación efectiva, liderazgo técnico, pensamiento estratégico y toma de decisiones fundamentada.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Realizar una presentación final tipo “panel de mejora continua” frente a docentes o empresarios invitados.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Reporte de práctica en formato institucional
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Rúbrica de reporte de prácticas
Formatos de reporte de prácticas	

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Acosixgma (2021). *Módulo 3 – Unidad 5 – Estudio R&R Minitab* 19. <https://www.youtube.com/watch?v=JbvXY7PeKxU>
2. American Society for Quality (2020). *DMAIC Process*. <https://asq.org/quality-resources/dmaic>
3. American Society for Quality (2020). *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*. <https://asq.org/quality-resources/fmea>
4. American Society for Quality. (2020). *Fishbone Diagram (Cause and Effect)*. <https://asq.org/quality-resources/fishbone>
5. American Society for Quality. (2021). *Pareto Chart*. <https://asq.org/quality-resources/pareto>
6. American Society for Quality. (2020). *SIPOC diagram*. <https://asq.org/quality-resources/sipoc>.
7. American Society for Quality. (2021). *Understanding Variation*. <https://asq.org/quality-resources/variation>
8. Florez Ramirez, N. Florez Rendon, A. L. & Cogollo Florez, J. M. (2019). *Notas de control estadístico de la calidad*: (ed.). Editorial Universitaria. <https://elibro.net/es/lc/ues/titulos/120109>
9. George, M. L. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*. McGraw-Hill.
10. Gitlow, H. S., & Levine, D. M. (2015). *Quality Management* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.
11. Montgomery, D. C. (2012). *Introduction to Statistical Quality Control*. Wiley.
12. Reato, C. & Socconini Pérez Gómez, L. V. (2019). *Lean Six Sigma Management System for Leaders*: (ed.). Marge Books. <https://elibro.net/es/lc/ues/titulos/122392>
13. Socconini Pérez Gómez, L. V. (2020). *Lean six sigma green belt*: (ed.). Marge Books. <https://elibro.net/es/lc/ues/titulos/172850>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

ASQ (American Society for Quality)

IASSC (International Association for Six Sigma Certification)

Análisis del Sistema de Medición (MSA, por sus siglas en inglés) según el manual de AIAG (Automotive Industry Action Group)

ISO 9001:2015 Quality Management Systems

ISO 10012 Sistema de gestión de mediciones.

ISO 22514-1:2014 - *Statistical methods in process management — Capability and performance*



ANEXOS

ANEXOS

1.- Ejemplo plantilla SIPOC

Enhanced SIPOC Diagram

	A	B	C	D	E
1	Process Goal:	Get result without error		Process Owner:	Name
2	S	I	P	O	C
3	Suppliers	Inputs	Process	Outputs	Customers/Stakeholders
4	Provider	Items coming into the process that are consumed		Items coming out of the process sent to customers and/or stakeholders	Receiver
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12		Performance Measures for Inputs	Resources	Performance Measures for Outputs	
13		Timeliness	People, machines, materials	Timeliness	
14		Accuracy		Accuracy	
15		Cost		Cost	
16					
17					
18					
19					
20		Controls			
21		Training, calibration, maintenance, inspection, monitoring, procedures, instructions			
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28		Major Process Steps			
29	Process Start Boundary	Step 1 → Step 2 → Step 3 → Step 4 → Step 5		Process End Boundary	
30					
31					
32					
33					

2.- Tabla de datos para análisis R&R.

Pieza	Operador	Repetición	Peso (g)	Pieza	Operador	Repetición	Peso (g)	Pieza	Operador	Repetición	Peso (g)
1	Operador A	1	501.09	1	Operador B	1	504.74	1	Operador C	1	499.45
1	Operador A	2	501.05	1	Operador B	2	503.98	1	Operador C	2	500.83
1	Operador A	3	498.47	1	Operador B	3	498.07	1	Operador C	3	502.19
2	Operador A	1	497.6	2	Operador B	1	499.18	2	Operador C	1	497.42
2	Operador A	2	496.08	2	Operador B	2	497.5	2	Operador C	2	499.7
2	Operador A	3	502.01	2	Operador B	3	499.23	2	Operador C	3	501.07
3	Operador A	1	501.95	3	Operador B	1	505.68	3	Operador C	1	500.21
3	Operador A	2	502.26	3	Operador B	2	501.12	3	Operador C	2	504.54
3	Operador A	3	501.31	3	Operador B	3	505.4	3	Operador C	3	499.44
4	Operador A	1	506.12	4	Operador B	1	507.07	4	Operador C	1	508.96
4	Operador A	2	508.26	4	Operador B	2	508.78	4	Operador C	2	508.46
4	Operador A	3	506.53	4	Operador B	3	505.88	4	Operador C	3	506.49
5	Operador A	1	499.25	5	Operador B	1	496.58	5	Operador C	1	498.7
5	Operador A	2	497.29	5	Operador B	2	499.68	5	Operador C	2	503.03
5	Operador A	3	496.37	5	Operador B	3	498.6	5	Operador C	3	497.1
6	Operador A	1	500.48	6	Operador B	1	495.58	6	Operador C	1	497.67
6	Operador A	2	498.3	6	Operador B	2	497.34	6	Operador C	2	500.33
6	Operador A	3	495.15	6	Operador B	3	498.91	6	Operador C	3	501.17
7	Operador A	1	508.03	7	Operador B	1	511.84	7	Operador C	1	511.44
7	Operador A	2	506.82	7	Operador B	2	508.34	7	Operador C	2	506.65
7	Operador A	3	508.16	7	Operador B	3	504.03	7	Operador C	3	505.3
8	Operador A	1	503.1	8	Operador B	1	506.42	8	Operador C	1	504.02
8	Operador A	2	506.83	8	Operador B	2	503.75	8	Operador C	2	505.22
8	Operador A	3	501.85	8	Operador B	3	502.6	8	Operador C	3	505.32
9	Operador A	1	499.29	9	Operador B	1	500.69	9	Operador C	1	499.84
9	Operador A	2	496.51	9	Operador B	2	498.33	9	Operador C	2	498.05
9	Operador A	3	494.24	9	Operador B	3	499.06	9	Operador C	3	495.99
10	Operador A	1	505.69	10	Operador B	1	506.08	10	Operador C	1	502.98
10	Operador A	2	503.57	10	Operador B	2	500.17	10	Operador C	2	503.59
10	Operador A	3	502.79	10	Operador B	3	502.41	10	Operador C	3	499.5

3.- Tabla de datos Pareto

Turno	Producto	Tipo de defecto	Operador	Cantidad de defectos
1	Avena	Galletas rotas	Patricia	4
1	Chispas	Exceso de migajas	Pablo	3
2	Canela	Peso fuera de especificación	Joel	5
2	Chispas	Etiqueta mal colocada	Susana	2
1	Canela	Cierre débil del empaque	Ramiro	3
2	Avena	Empaque arrugado	Edgar	2
1	Canela	Exceso de migajas	Patricia	1
2	Avena	Faltante de producto	Joel	2
1	Avena	Faltante de producto	Pablo	2
2	Avena	Galletas rotas	Susana	3
1	Chispas	Cierre débil del empaque	Ramiro	1
2	Avena	Faltante de producto	Joel	3
2	Chispas	Galletas rotas	Edgar	2
1	Avena	Error en fecha de caducidad	Pablo	1
2	Avena	Faltante de producto	Susana	1
1	Avena	Cierre débil del empaque	Ramiro	2
1	Chispas	Etiqueta mal colocada	Patricia	1
2	Avena	Cierre débil del empaque	Edgar	1
2	Chispas	Peso fuera de especificación	Joel	3
2	Chispas	Faltante de producto	Susana	1
2	Avena	Faltante de producto	Joel	5
2	Canela	Etiqueta mal colocada	Susana	1
1	Avena	Cierre débil del empaque	Ramiro	2
2	Avena	Faltante de producto	Edgar	1
1	Avena	Faltante de producto	Pablo	3
1	Chispas	Peso fuera de especificación	Ramiro	5
2	Avena	Etiqueta mal colocada	Edgar	1
1	Avena	Cierre débil del empaque	Pablo	3
2	Avena	Faltante de producto	Joel	5
2	Chispas	Cierre débil del empaque	Susana	1
2	Canela	Galletas rotas	Edgar	1
1	Chispas	Empaque arrugado	Pablo	1
1	Avena	Galletas rotas	Patricia	1
2	Avena	Empaque arrugado	Susana	2
1	Canela	Faltante de producto	Ramiro	1
2	Avena	Empaque arrugado	Joel	2
1	Avena	Galletas rotas	Ramiro	1
2	Canela	Faltante de producto	Joel	1
2	Avena	Faltante de producto	Susana	2
2	Canela	Exceso de migajas	Joel	4
2	Avena	Etiqueta mal colocada	Edgar	2
1	Avena	Faltante de producto	Ramiro	2
1	Chispas	Peso fuera de especificación	Pablo	1
2	Chispas	Peso fuera de especificación	Joel	2
1	Canela	Exceso de migajas	Pablo	1
2	Avena	Faltante de producto	Susana	2
1	Chispas	Peso fuera de especificación	Patricia	1
1	Chispas	Galletas rotas	Ramiro	1
2	Chispas	Peso fuera de especificación	Joel	2

4.- Tabla análisis de variación de procesos.

Día	Peso Botella 1	Peso Botella 2	Peso Botella 3	Peso Botella 4	Defectos (etiquetas)	Tamaño lote
1	505.6	504.1	504.5	503.9	1	100
2	504.8	503.5	507.2	504.3	0	100
3	505.8	505.2	505.2	506.4	5	100
4	506.8	503.6	504	505.4	4	100
5	504.7	503	506.1	502.4	2	100
6	504.7	506.7	503.9	505.4	3	100
7	506.9	504.5	505.4	504.4	5	100
8	505.9	504.9	503	504	2	100
9	504.4	502.9	503.7	505.8	2	100
10	505.7	504.1	505.4	506.3	0	100
11	504.4	504.9	506	506.2	2	100
12	504.4	503.3	505.4	503.7	4	100
13	505.3	505.3	505.1	504.5	5	100
14	502.7	504	504.9	505.4	2	100
15	502.9	504.4	503.6	506.3	0	100

5.- Tabla de datos análisis de capacidad de proceso. (Diámetro barreno estructura metálica)

Día	OBS 1	OBS 2	OBS 3
1	8.112366641	7.024182826	7.93256127
2	9.476610164	5.702554507	7.255978162
3	7.066881872	12.61397665	8.643026884
4	8.464084818	6.621923332	5.996176715
5	9.494877321	7.637580966	9.013033674
6	8.286836649	6.473127807	6.017703772
7	6.553483627	9.141358678	8.746478014
8	7.666459028	9.449556098	11.10458292
9	7.265003303	5.543595705	8.412378705
10	8.822913131	10.45487139	7.476840795
11	7.434015455	13.25965578	7.933106369
12	9.625785972	5.954506977	7.130505488
13	6.798335743	9.67954085	10.00308357
14	8.325935835	9.665993079	5.97414569
15	8.71709453	6.593024876	7.748271758
16	7.962806788	5.354260996	7.999388632
17	7.481942187	10.57416314	7.369308577
18	6.571800012	7.213504471	9.906514301
19	8.394468844	7.89916329	6.848792762
20	8.22537305	11.20427716	11.05294595
21	8.187719322	10.75942223	7.189246057
22	7.074485667	10.12114565	8.930606624
23	6.864737307	4.88412904	8.381277462
24	5.723685608	7.121735421	8.583958355
25	7.911824451	7.377774058	9.703381038
26	7.517512508	7.496927568	7.027865944
27	9.188090448	11.74577001	8.763578849
28	8.179608553	10.1968511	10.01143242
29	7.622346372	8.980541423	7.311420953
30	7.66543892	10.18005213	7.035637782
31	8.74331235	8.12276009	7.267961553
32	7.410852378	6.787739761	7.230008145
33	8.305431654	8.09447627	7.953511412
34	6.550080288	7.639250319	5.717834253
35	8.321079813	7.360104521	10.1269194
36	6.701310931	6.790281651	6.639217897



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu