

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ESTADÍSTICA E INFORMATICA



TESIS

**CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA RESPECTO AL
CLORO RESIDUAL Y TURBIDEZ EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO SEDA**

JULIACA DE 2015.

PRESENTADA POR:

Bach. YESICA BEATRIZ MURILLO CUEVAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ESTADÍSTICO E INFORMÁTICO

PUNO - PERÚ

2015



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA



"CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA RESPECTO AL CLORO RESIDUAL Y TURBIDEZ EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO SEDA JULIACA DE 2015".

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. YESICA BEATRIZ MURILLO CUEVAS

A LA COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO, PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ESTADÍSTICO E INFORMÁTICO

APROBADO POR:

PRESIDENTE

:


Mg. EMMA ORFELINDA AZANERO DE AGUIRRE

PRIMER MIEMBRO

:


Dra. MARÍA MAÚRA SALAS PILCO

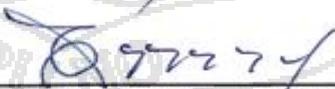
SEGUNDO MIEMBRO

:


Dr. VLADIMIRO IBÁÑEZ QUISPE

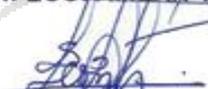
DIRECTOR

:


M.Sc. CONFESOR MILAN VARGAS VALVERDE

ASESOR

:


M.Sc. REYNALDO SUCARI LEÓN

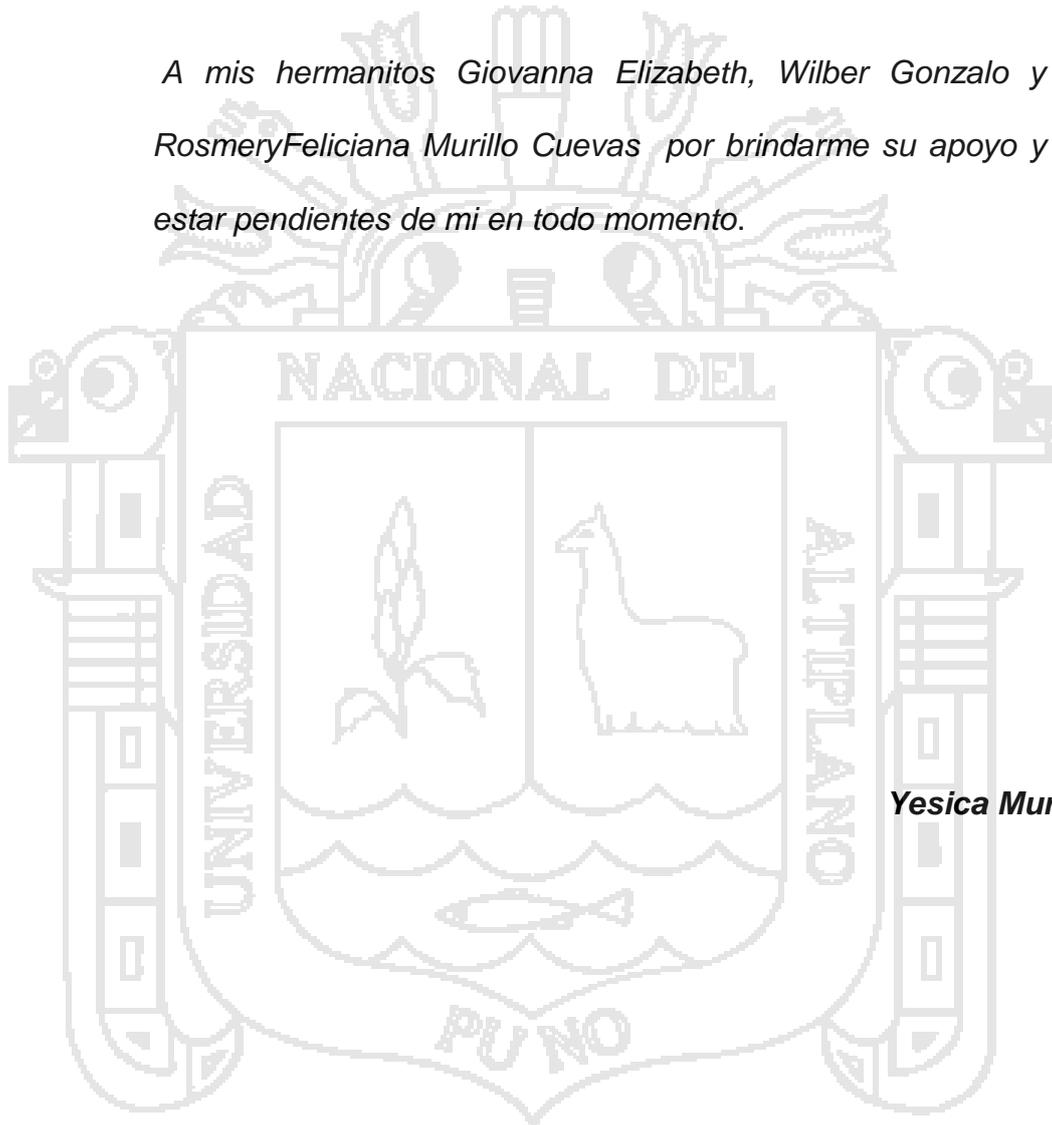
ÁREA: Estadística

TEMA: Control estadístico de calidad

DEDICATORIAS

El presente trabajo es dedicado a mis padres Juan C. Murillo Ayamamani y Julia T. Cuevas Calapuja por su paciencia y apoyo incondicional que me han brindado en todo momento y por el esfuerzo que han hecho por darme todo lo necesario.

A mis hermanitos Giovanna Elizabeth, Wilber Gonzalo y Rosmery Feliciano Murillo Cuevas por brindarme su apoyo y estar pendientes de mi en todo momento.

**Yesica Murillo**

AGRADECIMIENTOS

Le doy Gracias a Dios por darme la fuerza y la esperanza para lograr mis metas y objetivos.

Agradezco con todo respeto y cariño a la Universidad Nacional del Altiplano por su formación profesional y académico durante mi vida estudiantil.

Mi más profundo y sincero agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Estadística e Informática a cada uno de sus docentes por sus enseñanzas y ejemplo de valores, dedicación y profesionalización.

Al Gerente de Operaciones de la Empresa Prestadora de Servicios SEDA Juliaca por el apoyo en la obtención de información.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	iii
CAPITULO I PLAN DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. PROBLEMA.....	1
1.2. FORMULACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.2. BASE TEÓRICA.....	9
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	26
2.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	30
CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO.....	31
3.1.1. METODOLOGÍA.....	31
POBLACIÓN.....	31
MUESTRA.....	32

3.1.2. MÉTODOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS.....	32
3.1.3. MÉTODO DE TRATAMIENTO DE DATOS.....	33
3.1.4. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	33
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. ANÁLISIS EL CLORO RESIDUAL DEL AGUA MEDIANTE EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD.....	34
4.2. ANÁLISIS PARA VERIFICAR SI LA TURBIDEZ SE ENCUENTRAN BAJO CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD.....	46
CONCLUSIONES.....	57
RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS.....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	59
ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
GRÁFICO N° 01: Gráfico de Control del rango para el cloro residual.....	37
GRÁFICO N° 02: Gráfico de control de la media del cloro residual.....	38
GRÁFICO N° 03: gráfico de control de la desviacion estandar del cloro residual.....	40
GRÁFICO N° 04: Capacidad de proceso de muestras diarias del cloro residual.....	44
GRÁFICO N° 05: Gráfico de control para el rango de la turbiedad.....	48
GRÁFICO N° 06: Gráfico de control para la media de la turbiedad.....	49
GRÁFICO N° 07: Gráfico de control para la desviacion estandar de la turbiedad.....	51
GRÁFICO N° 08: Capacidad de proceso de la turbidez.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA N° 01: Muestras diarias del cloro residual según las fechas (media, rango y desviación estándar) de la Planta tratamiento Seda Juliaca 2015.....	35
TABLA N° 02: muestras diarias de turbidez según las fechas (media, rango y desviación estándar) de la Planta tratamiento Seda Juliaca 2015.....	46
TABLAN° 03: Constantes para Límites de Control media y desviación.....	63
TABLA N° 04: Constantes para Límites de Control del rango.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA N° 01: Muestras de cloro residual con colorímetro.....	66
FIGURA N° 02: muestras de turbiedad con turbidímetro.....	66

ÍNDICE DE MAPA

MAPA N° 01: de la planta de tratamiento SEDA Juliaca.....	65
---	----

RESUMEN

La Presente investigación tuvo como objetivo principal, Determinar mediante control Estadístico de Calidad si el cloro residual y la turbidez del agua de la planta de tratamiento **EPS SEDAJULIACA S.A** cumplen con las especificaciones establecidas por el Ministerio de Salud en el año 2015. La hipótesis que se estructuró fue El cloro residual y la turbidez del agua de la planta de tratamiento **EPS SEDAJULIACA S.A** no cumplen con las especificaciones establecidas por el Ministerio de Salud, en el año 2015. Los métodos que se emplearon en el presente estudio fueron descriptivo aplicativo La Metodología que se usó en este trabajo de investigación fueron las cartas de control de Walter A. Shewhart para variables cuantitativas. Para la validación del control estadístico de la calidad, se usó la capacidad del proceso. Como resultado se obtuvo que el proceso es capaz de cumplir con las normas del Ministerio de Salud Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano – DS N° 031-2010-SA. Las cuales son 0,5 - 5 mg/l para cloro residual y 0 – 5 UNT para turbiedad. Se concluye con el rechazo de la hipótesis general e hipótesis específico.

Palabra Clave: Agua, Control De Calidad, Cloro Residual, Turbiedad

ABSTRACT

The present investigation had as main objective, to determine through statistical control of quality if the residual chlorine and the water turbidity of the treatment plant EPS SILK JULIACA S.A meet the specifications established by the Ministry of Health in the year 2015. The hypotheses that were structured were the residual chlorine and the water turbidity of the treatment plant EPS SILK JULIACA S.A does not meet the specifications established by the Ministry of Health, in the year 2015. The methods that were used in the present study were descriptive application the methodology that was used in this research were the control charts of Walter A. Shewhart for quantitative variables. For the validation of the statistical control of quality, used the capacity of the process.

As a result, it was observed that the process is able to comply with the standards of the Ministry of Health Regulation of the quality of water for human consumption - DS no. 031-2010 - SA. Which are 0.5 - 5 mg/l for residual chlorine and 0 - 5 NTU to turbidity

It was concluded with the rejection of the general assumptions and hypotheses. specific

Keyword: Water, Quality Control, residual chlorine, Turbidity

INTRODUCCIÓN

El Presente estudio demuestra, que las herramientas de control estadístico son una base para la mejora continua de cualquier proceso, ya que se obtienen grandes beneficios para cualquier empresa interesada en satisfacer las necesidades y la demanda del cliente, cumpliendo así con las especificaciones establecidas por normas.

EPS SEDA Juliaca es la que presta servicios a la población, existen inconvenientes a cerca de la calidad y abastecimiento del agua ya que están en riesgo por el progresivo proceso de contaminación por las poblaciones inmigrantes, estas aguas son captadas, administradas y distribuidas por Seda Juliaca la cual realiza un tratamiento de tipo convencional

Este estudio se estructuró en cuatro capítulos, el primer capítulo contiene, el plan de investigación: el problema, la justificación, los objetivos y la hipótesis de la investigación, en el segundo capítulo se describe, el marco teórico: los antecedentes de la investigación, la base teórica y la definición de términos básicos, en el tercer capítulo se describe, los materiales y métodos: la metodología, el método de recolección de datos, el método de tratamiento de datos y el material experimental, el cuarto capítulo contiene, los resultados y la discusión: el análisis para verificar si el cloro residual está bajo control estadístico de la calidad, el análisis para verificar si la turbidez se encuentran bajo control estadístico de la calidad, conclusiones, bibliografía y anexos.

CAPÍTULO I

PLAN DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El agua es un elemento vital para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio que sea suficiente, limpia y accesible, que requiera mayor higiene. La mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud, para ello debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr la mejor calidad del agua.

La ciudad de Juliaca, se encuentra ubicada al sur del Perú, en el departamento de Puno, provincia de San Román, es la provincia que más crece en la Región Puno, según los pronósticos del Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI) cuenta con una población de 298,395 habitantes al año 2015. Esta ciudad es abastecida con agua del río Coata, (ver figura N° 01) a la altura del sector conocido como Ayabacas, al noroeste de Juliaca. Desde allí el agua es captada, tratada y distribuida a través de la red Pública de agua hacia los diferentes sectores urbanos.

Uno de los problemas más graves de la ciudad de Juliaca es la contaminación del agua, se ha visto que a lo largo del tiempo la población en los alrededores y a lo largo del cauce del río Coata ha ido creciendo de

manera exponencial, generando serios problemas para la integridad y calidad de las aguas, Según la información de los estudios realizados por el Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (PELT) y Empresa Prestadora de Servicios (**EPS**)SEDA Juliaca S.A., se ha comprobado el elevado grado de contaminación en el río Coata causada por el arrojo de residuos sólidos a sus cauces y el vertimiento de aguas servidas.

El agua de consumo humano ha sido definida en las Guías de Calidad del Agua de Bebida de la Organización Mundial de la Salud (OMS), como adecuada para consumo humano. Está implícito en esta definición el requerimiento de que el agua no debe presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar irritación química, intoxicación o infección microbiológica que sea perjudicial a la salud humana. Teniendo como guía los estándares Nacionales de calidad del agua la Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento (SUNASS), Ministerio de Salud Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DSN° 031-2010-SA. Que tiene el fin de preservar la Salud de los usuarios y establecer estándares de elementos físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables.

La planta de tratamiento de la **EPS SEDAJULIACA S.A.** brinda servicios de agua potable y alcantarillado a la ciudad de Juliaca, la cual realiza un tratamiento de tipo convencional y de remoción de turbiedad y desinfección con cloro que disminuye ciertos microorganismos resistentes, causantes de enfermedades de origen hídrico, como el virus de la hepatitis A, y otras enfermedades, si esto se consume en exceso es

un problema al sistema digestivo, irritante para los ojos y las vías respiratorias. El consumo de forma regular por niños, causa anemia.

Respecto a la turbidez a nadie le gusta el aspecto del agua sucia es poco estético, también es esencial eliminar la turbidez para desinfectar efectivamente el agua que va ser bebida ya que el agua con alta turbidez puede presentar graves problemas para la salud por presencia bacteriana, así como grandes dificultades para su correcta desinfección.

La planta de tratamiento de **EPS SEDA JULIACA S.A.** y redes matrices tienen colapso en los periodos de lluvia y escasea el agua en tiempo de sequía el punto de captación es muy pequeños y antiguas para abastecer correctamente a la población de Juliaca, ya no están en capacidad de atender a más usuarios.

1.2. FORMULACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo se encuentra el control Estadístico de Calidad del agua con respecto al cloro residual y la turbidez en la planta de tratamiento **EPS SEDA JULIACA S.A** de acuerdo a las especificaciones establecidas por el Ministerio de Salud en el año 2015?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La finalidad fundamental del estudio es realizar la verificación del cloro residual y la turbidez del agua en la planta de tratamiento de EPS SEDA Juliaca.

Debido a los problemas que se viene presentando en la provincia de San Román respecto a la mala calidad del agua que brinda EPSSEDA Juliaca, con el presente trabajo se quiere detectar y recomendar que se realicen mayor atención al tratamiento del agua de consumos se encuentra fuera de control y así poder prevenir enfermedades bacterianas y víricas que pueden ser perjudiciales para la salud.

La desinfección final del agua es uno de los procesos más importantes y hay que poner mayor atención, ya que constituye una de las etapas básicas en la potabilización del agua y para lo cual se utiliza como agente desinfectante el cloro, para lo cual se debe realizar un análisis periódico a la cantidad de cloro adicionado de forma que sea saludable y beneficie a la población.

Conociendo que la Estadística es la ciencia de la medición para las especificaciones y registros, el análisis del control de calidad de un producto ya sea de una industria, planta, fábrica y otros, es importante para conocer que el producto final se encuentre en buenas condiciones para su posterior demanda por los consumidores finales, por lo cual se considera realizar el estudio del control Estadístico de la Calidad con fichas de control del agua para mejorar la producción y así dar solución a la problemática de las variaciones de los datos.

Es importante determinar diariamente la cantidad de cloro residual, ya que su medición indica la presencia de un remanente del desinfectante capaz de asegurar la inhibición o muerte de las bacterias patógenas y garantiza de este modo sus óptimas condiciones para el consumo.

1.4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Determinar mediante control Estadístico de Calidad si el cloro residual y la turbidez del agua de la planta de tratamiento **EPS SEDAJULIACA S.A** cumplen con las especificaciones establecidas por el Ministerio de Salud en el año 2015.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar y determinar si el cloro residual del agua de la planta de tratamiento EPS SEDAJULIACA S.A. se encuentran dentro de los límites de especificaciones establecidas por el Ministerio de Salud.
- Analizar y determinar si la turbidez del agua de la planta de tratamiento EPS SEDAJULIACA S.A. se encuentran dentro de los límites de especificaciones establecidas por el Ministerio de Salud.

1.5. HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL

- El cloro residual y la turbidez del agua de la planta de tratamiento **EPS SEDAJULIACA S.A** no cumplen con las especificaciones establecidas por el Ministerio de Salud, en el año 2015.

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- El cloro residual del agua de la planta de tratamiento EPS SEDAJULIACA S.A. no se encuentra dentro de los límites de control establecidos por el Ministerio de Salud en el año 2015.

- La turbidez del agua de la planta de tratamiento EPS SEDA JULIACA S.A. no se encuentra dentro de los límites de control establecidos por el Ministerio de Salud en el año 2015.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

REFERENCIA A NIVEL LOCAL

Aquize y Fernando (1997). Concluye que el agua potable se encuentra bajo control estadístico de calidad, desde el proceso de su tratamiento.

El proceso del control de calidad de los análisis físico, químico, bacteriológico utilizó cartas de control estadístico de calidad, para detectar y corregir posibles errores en el control, generando de esta forma un producto confiable.

Mamani (2013). Concluye de acuerdo a las especificaciones dadas por la empresa donde los pesos de los quesos deberían estar dentro de los límites de 900 a 1100 gramos se verificó que los pesos de los quesos no cumplieron con las especificaciones puesto que estaban fuera del límite de especificación superior por lo que se concluye que el proceso del peso de los quesos estuvo fuera de control.

Al verificar las cartas de control para los tres casos de: n_i, \bar{n}, z , para el número de quesos defectuosos en la producción, el proceso fue estable

bajo control estadístico porque no se observó quesos defectuosos fuera de los límites de control, para un promedio \bar{x} y estandarizado.

REFERENCIA A NIVEL INTERNACIONAL

Gutiérrez y Torres (2013). Concluyen que, una vez que el agua de ingreso pasó por el tratamiento adecuado para su potabilización en cada planta, se pudo constatar que los valores de los parámetros de temperatura, pH, color, turbiedad, dureza total y dureza cálcica en las plantas de tratamiento de EMAPAL, PI disminuyen alcanzando en su mayoría los límites establecidos por la NTE INEN 1108:11. Sin embargo, en la planta de tratamiento del FISE el parámetro de color se encuentra en el límite de referencia, el valor de turbiedad sobrepasa el valor de referencia, teniendo claro que para una desinfección eficiente el valor de la turbiedad debe estar en 1NTU. Por su parte, la conductividad del agua, la cantidad de sólidos totales disueltos, los niveles de cloro residual y los cloruros se incrementan en todas las plantas luego del tratamiento físico-químico realizado debido a la mejora en la calidad de la misma, cumpliendo con la normativa de referencia.

Carrillo y Villalobos (2011). Llegaron a las siguientes conclusiones:

El río Cazonos en sus cuatro puntos de muestreo presenta el mismo Índice de Calidad del Agua “regular” cumpliéndose la hipótesis particular.

No obstante, se observan diferencias notables, ya que en el puente Cazonos tres existe mucha variación en sus resultados a diferencia de la bocatoma, esto nos indica que en ese tramo atraviesa la ciudad de Poza Rica y es impactado por las actividades Antropogénicas. Al observarse en

el gráfico que las cajas son simétricas se puede inferir que la información de los resultados en general presenta equilibrio

A partir del análisis de los gráficos, se concluye que los ICA de los ríos son totalmente diferentes, observando simetría o normalidad en la información y destacando que la información recogida en el río Tecolutla es más variable que la del río Cazonas.

Jiménez (2011). Concluye que en el recorrido realizado por la planta de tratamiento de la Empresa de Servicios Públicos Tribunas Córcega, se evidenció que el agua se veía afectada por la baja concentración de cloro residual en el proceso de desinfección, logrando con ello una proliferación de microorganismos.

2.2. BASE TEÓRICA

2.2.1. CONTROL DE CALIDAD

Según Ishikawa (1969), el control de calidad consiste en el desarrollo, diseño, producción y comercialización de productos y servicios con una eficacia del coste y una utilidad óptima, todo ello equilibrado con una compra satisfactoria por parte de los clientes.

En el **control de calidad total** se busca que todos los departamentos de la empresa tengan que empeñarse en crear sistemas que faciliten la cooperación y en preparar y poner en prácticas finalmente las normas internas (Carot, 2001)

Por otro lado, según las Normas Industriales Japonesas (norma JIS), el control de calidad se define como un sistema de métodos

para la provisión coste-eficaz de bienes o servicios cuya calidad es adecuada a los requisitos del comprador. También esta definición contempla el control de calidad como una nueva manera de pensar en la dirección y de dirigir, y considera que la prueba en práctica eficaz del control de calidad requiere la participación y la cooperación de todos los empleados de una empresa, desde la alta dirección, pasando por los directivos medios y supervisores, hasta los trabajadores de base. Así mismo contempla que el control de calidad moderno ha de hacer uso de los métodos estadísticos, por lo que a veces se le denomina **control estadístico de calidad** (Gutiérrez, 2004)

CALIDAD

Uno de los autores más prestigiosos del Control de Calidad fue **Juran**, que definió la **calidad** como:

Un conjunto de características de un producto que satisfacen las necesidades y que en consecuencia hacen satisfactorio el producto (Carot, 2001)

Por otra parte, la Sociedad Americana para el control de calidad (A.S.Q.C) define la **calidad** como:

Un conjunto de características de un producto, proceso o servicio que le confieren su aptitud para satisfacer las necesidades del usuario o cliente.

Podemos definir **control** como:

La medición de los resultados actuales y pasados, en relación con los esperados, ya sea total o parcialmente, con el fin de corregir, mejorar y formular nuevos planes.

El control no es posible llevarlo si no existen “estándares” ó “especificaciones” de alguna manera prefijada y entre más precisa y cuantitativas serán de mejor utilidad.

Un producto o servicio es de calidad cuando satisface las necesidades del cliente o usuario en cuanto a **seguridad** (que el producto o servicio confiere al cliente), **fiabilidad** (capacidad que tiene el producto o servicio para cumplir las funciones especificadas sin fallo y por un periodo determinado de tiempo) y **servicio** (medida en que el fabricante y distribuidor responde en caso de fallo del producto o servicio).

Es el juicio que el cliente tiene producto o servicio, resultado del grado con el cual un conjunto de características inherentes al producto cumple con sus requerimientos.

Por otra parte, la Sociedad Americana para el control de calidad (A.S.Q.C) define la **calidad** como:

Un conjunto de características de un producto, proceso o servicio que le confieren su aptitud para satisfacer las necesidades del usuario o cliente.

Criterio subjetivo de gusto personal, hay dos clases:

a. **Calidad de Diseño.-** (Oficina Técnica) cuando cumplen Ciertas condiciones técnicas.

b. **Calidad de Conformidad.-** (Departamento de Control), cuando cumple con las especificaciones dadas por una oficina técnica (Gutiérrez, 2004)

2.2.2. CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO

El Control Estadístico del Proceso es el uso de técnicas de estadística, tales como de control, para analizar un proceso, de tal manera que puedan tomarse las acciones apropiadas para lograr y mantener un proceso en control y para mejorar la habilidad del proceso. El estado de control estadístico es la condición que describe un proceso en el que han sido eliminadas todas las causas especiales de variación y únicamente permanecen las causas comunes, pero un estado de control estadístico no es un estado natural de un proceso, de manufactura, implica un logro, implica alcanzar la eliminación de cada una de las causas especiales de excesiva variación de un proceso y prevenir su repetición (Montgomery D. C., 2005)

También, el Control Estadístico de Procesos tiene como finalidad el auxilio en la percepción de tendencias en los procesos, de manera que pueda predecirse su comportamiento en el plazo inmediato y se puedan tomar acciones correctivas a las causas de variación y establecer medidas preventivas permanentes, que

además de evitar la producción de artículos o trabajos defectuosos, permitan ir mejorando el proceso gradualmente.

La información que proporcionan las técnicas empleadas tiene validez probabilística basada en la historia del proceso.

Puede decirse que el Control Estadístico de Proceso es básicamente la forma de acumular conocimientos y experiencia, de una manera coherente y consistente en relación al comportamiento de un proceso, para estar en condiciones de modificar los factores de entrada que permitan obtener un resultado conforme a las expectativas.

Es muy importante señalar tres conceptos básicos para el Control Estadístico de Procesos:

- El estado de control estadístico no es natural para un proceso productivo, más bien, ello es un logro alcanzado por la eliminación de las causas de variación, una por una.
- El control estadístico debe usarse para alcanzar la mejora continua de los procesos más que el simple cumplimiento con las especificaciones.
- La mejora continua de los procesos se deriva del uso permanente de las gráficas de control, de su adecuada interpretación y del uso de la información que de ellas se deriva para instituir los controles del proceso necesarios.

La aplicación práctica del Control Estadístico del Proceso requiere la utilización de datos generados por el proceso que se desea controlar, para conocer el comportamiento de un proceso

cualquiera, se tienen tres posibles opciones:

Observar y medir el comportamiento del proceso tomando una pieza producida y en base a dicha observación asumir el comportamiento del proceso.

- Observar y medir la totalidad de lo producido en el proceso para obtener una verdadera realidad de su comportamiento.
- Observar parte de lo producido en el proceso y utilizar esa información para inferir el verdadero comportamiento del mismo.

En el Control Estadístico del Proceso se ocupan las herramientas siguientes:(Gutiérrez, 2004)

1. DIAGRAMA DE PARETO

El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades.

Mediante el Diagrama de Pareto, se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que indica que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Ya que por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos (Montgomery D. C., 2005)

2. HISTOGRAMAS

Es una representación gráfica de una distribución de frecuencias agrupadas en el intervalo de clase, mediante una serie de rectángulos contiguos que tienen:

Sus bases sobre el eje horizontal (eje de las X) con centros en las marcas de clases y longitud igual al tamaño de los intervalos de clase.

Las alturas proporcionales a la frecuencia (absoluta o relativa) tomados sobre el eje de las Y.

Representación gráfica de la distribución de un conjunto de datos o de una variable, donde los datos se clasifican por su magnitud en cierto número de clases. Permite visualizar la tendencia central, la dispersión y la forma de la distribución (Mitacc, 1992)

2.2.4 GRÁFICA DE CONTROL

Es una herramienta útil para estudiar la variación, así mismo es una representación gráfica de la variación en la estadística calculada en el proceso.

El objetivo básico de una gráfica de control es observar y analizar con datos estadísticos la variabilidad y el comportamiento de un proceso a través del tiempo. Esto permitirá distinguir entre variaciones por causas comunes y especiales (atribuibles), lo que ayudará a cauterizar el funcionamiento del proceso y así decidir las mejores acciones de control y de mejora.

Cuando se habla de variabilidad nos referimos principalmente, a las variables de salida (características de calidad), pero las gráficas también pueden aplicarse a analizar la variabilidad de alguna variable de entrada o del control del proceso mismo.

Una gráfica de control indica que es un proceso estable (bajo control estadístico) cuando sus puntos caen dentro de límites de control y fluctúan o varían aleatoriamente a lo ancho de la carta, con mayor frecuencia caen cerca de la línea central. Para facilitar la identificación de patrones no aleatorios lo primero que se hace es dividir la carta de control en seis zonas o bandas iguales.

Lo definimos como la separación gráfico cronológico, hora-hora, día-día, de la característica actual de la calidad del producto con los límites que identifican la posibilidad de la norma factura de acuerdo con las experiencias anteriores que han obtenido del producto.

La gráfica de control recae en su posibilidad de esperar las causas asignables de la variación de calidad.

En la Abscisa.- Se numeran las muestras tomadas de la producción en función del tiempo, indicándose el número de orden de la muestra y el tiempo en que se tomó.

En la Ordenada.- Las medidas estadísticas (tendencia central, dispersión), tales como: media, recorrido, desviación estándar, etc. o bien el tanto por uno de los defectos si se trata de atributos de los subgrupos o muestras. Se pueden señalar las siguientes líneas:

El parámetro (promedio); valor del parámetro o estimación del mismo por ejemplo: \bar{x} , $\bar{\bar{x}}$, \bar{R} , $\bar{\sigma}$, etc.(son cuantitativas).

LTS y LTI (límite de tolerancia superior y límite de tolerancia inferior)

LCS y LCI (límite de control superior y límite control inferior).

LPCs y LPCi (límite de pre control superior y límite de pre control inferior).

LAs y LAi (límite de atención superior y límite de atención inferior)(Gutiérrez, 2004)

1. Límites De Gráficas De Control

a. Límite de Especificación (LE).- Representa aquello que se exige en el proyecto para que el producto pueda atender la finalidad para lo cual se le destina.

b. Límites de Control (LC).- La distancia entre los límites de control y la línea del valor medio depende del tamaño de la muestra y de la amplitud media del rango (R).

La carta de control se puede considerar como “test” para comprobar el valor de un parámetro señalado “ θ ”. Al comprobar un parámetro se tendrían los valores: θ_0 , θ_1 , etc. según ellos obtendrían el límite superior y del límite inferior.

c. Límite de Atención (LA).- Señala la aproximación posible de un desperfecto de la máquina y nos indican que debemos llamarla la atención del personal sobre la fabricación. Regula la decisión de un aumento provisional de control. Si encontramos un punto entre

límites de control y atención, principio de reglaje o efecto del azar.(Gutiérrez, 2004)

2. Los Límites De Control

La selección a los límites de control equivale pues a determinar la región crítica para probar la hipótesis nula H_0 de que el proceso está bajo control estadístico: alejando dichos límites de la línea central se reduce (o probabilidad de cometer un error de tipo I, que un punto caiga fuera de los límites de control sin que haya una causa especial), si bien también se eleva con ello (o riesgo de cometer un error tipo II, que un punto caiga entre dichos límites cuando el proceso se encuentra en realidad fuera de control).

Los límites de una gráfica de control no son las especificaciones, tolerancias o deseos para el proceso. Por lo contrario éstos se calculan a partir de la variación del estadístico (datos) que se representa en la carta.

Para calcular los límites de control se debe proceder de forma que, bajo condiciones de control estadístico, los datos que se grafican en la carta tengan alta probabilidad de caer dentro de tales límites. Por lo que una forma de proceder es encontrar la distribución de probabilidades de la variable, estimar parámetros y ubicar los límites de forma que un alto porcentaje (99.73%) de la distribución está dentro de ellos. Esta forma de proceder se conoce como *límites de probabilidad*.(Gutiérrez, 2004)

3. Gráficos De Control Para Variables

Son las que considera características medibles en las unidades de control, siendo las más importantes: ficha \bar{x} , R , σ siendo las de este tipo usados en el presente trabajo.

Variable

Es una expresión que sirve para determinar una característica de los elementos de un conjunto a los cuales se estudia (García, 1993)

- **Variable Dependiente.-** Son variables que influyen en el conjunto de relaciones y a su vez están influidas por las variables independientes.
- **Variable Independiente.-** Son variables que influyen en el conjunto de relaciones pero no están influenciadas por ella.

4. Gráficos De Control Para Variables Cuantitativas

Una característica de la calidad que se mide en una escala numérica se le llama variable. Por ejemplo influyen dimensiones tales como largo ancho, temperatura, etc. se presentan las cartas de control de Sherwhart para estos tipos de características de la calidad. Las cartas de control para la media y el rango (\bar{x} y R), se usan ampliamente para monitorear la media y la variabilidad de las variables. Se presentan asimismo algunas variantes de las

cartas (\bar{x}, R) , incluyendo procedimientos para adaptar las mediciones individuales.

Diagramas que se aplican a variables o características de calidad de tipo continuo (peso, volumen, longitud, etc). Las cartas para variables tipo Shewhart más usuales son: $\bar{x}, \sigma, R, (\bar{x}, \sigma), (\bar{x}, R)$.(Montgomery D. C., 2005).

a. CARTA DE CONTROL PARA LA MEDIA \bar{x}

Supone que una característica de la calidad tiene una distribución normal con media μ y desviación estándar σ , donde \bar{x} como σ son conocidas. Si x_1, x_2, \dots, x_n es una muestra de tamaño n , entonces el promedio de la muestra es:(Montgomery D. C., 2005)

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Y se sabe que \bar{x} sigue una distribución normal con media μ y desviación estándar $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, además la probabilidad de que cualquier media muestral se halla entre:

$$\mu + Z_{\frac{\alpha}{2}} \sigma_{\bar{x}} = \mu + Z_{\frac{\alpha}{2}} \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \dots\dots\dots(1)$$

$$\mu - Z_{\frac{\alpha}{2}} \sigma_{\bar{x}} = \mu - Z_{\frac{\alpha}{2}} \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \dots\dots\dots(2)$$

Es $1 - \alpha$ por o tanto, si se conocen μ y σ se pueden utilizar las ecuaciones (1) y (2) como límites superior e inferior de control en un diagrama de control para medias muestrales. Si una muestra cae fuera de estos límites, ello indica que la media del proceso ya no es igual a μ

Criterio 3σ

En el caso de valores moderados de n , digamos $n \geq 10$, la amplitud pierde rápidamente su eficiencia pues no toma en cuenta toda la información en la muestra, entre x_{\max} , x_{\min} . Sin embargo, para los valores pequeños de los tamaños muestrales que se usan a menudo en los diagramas de control de variables ($n = 4, 5$ ó 6), es del todo satisfactorio.

Si se utilizan $\bar{\bar{x}}$ como un estimador de $i\sigma$, y \bar{R}/d_2 como un estimador de σ , los parámetros de $\bar{\bar{x}}$ son

$$LCS = \bar{\bar{x}} + \frac{3}{d_2\sqrt{n}} R$$

$$\text{Línea central} = \bar{\bar{x}}$$

$$LCS = \bar{\bar{x}} - \frac{3}{d_2\sqrt{n}} \bar{R}$$

Se observa que la cantidad:

$$A_2 = \frac{3}{d_2\sqrt{n}}$$

En una constante que depende únicamente del tamaño muestral por lo tanto, es posible volver a expresar como

$$LCS = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

$$\text{Línea Central} = \bar{\bar{x}}$$

$$LCS = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

La constante A_2 se encuentra tabulada en anexo (tabla N° 03)

b. Carta de control para el rango \bar{R}

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} \dots\dots\dots \text{línea central}$$

La amplitud muestral está relacionada con la desviación estándar del proceso. Por consiguiente, la variabilidad del proceso puede controlarse representando los valores de R muestras sucesivas en un diagrama de control, el cual se llama diagrama de R . Es posible determinar con facilidad los parámetros de dicho diagrama. La línea central corresponderá a \bar{R} . Para obtener los límites de control se necesita un estimador de σ_R . Suponiendo que la característica de calidad está distribuida normalmente, puede encontrarse σ_R a partir de la distribución de la amplitud relativa $W = R/\sigma$. La desviación estándar de W , digamos d_3 , es una función conocida de n . Así, puesto que.

$$R = W\sigma$$

La desviación estándar de R es.

$$\sigma_R = d_3\sigma$$

Como se desconoce σ , es posible estimar σ_R con.

$$\hat{\sigma}_R = d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Por lo tanto, los parámetros de diagrama de R , con los límites de control de tres sigmas habituales, son.

$$LSC = \bar{R} + 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} + 3d_3 \left(\frac{\bar{R}}{d_2} \right)$$

$$\text{linea central} = \bar{R}$$

$$LSC = \bar{R} - 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} - 3d_3 \left(\frac{\bar{R}}{d_2} \right)$$

Si se toma

$$D_3 = 1 - 3 \frac{d_3}{d_2}$$

$$D_4 = 1 + 3 \frac{d_3}{d_2}$$

Criterio 3σ

Pueden redefinirse los parámetros de la gráfica de R como

$$LCS = D_4 \bar{R}$$

$$\text{Linea Central} = \bar{R}$$

$$LCI = D_3 \bar{R}$$

D_3, D_4 . Tabulando para diferentes valores de n (anexo N° 04)

c. CARTA DE CONTROL PARA LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR σ

Caso A: Cuando se conoce σ y σ_σ

$$E(\bar{\sigma}) = c_2 \sigma \dots\dots\dots \text{línea central}$$

La desviación estándar de σ es

$$\sigma_\sigma = [2(n-1) - 2nc_2^2]^{1/2} \left(\frac{\sigma}{\sqrt{2n}} \right), \text{ si } n \leq 25$$

Si $n > 25$ el coeficiente $[2(n-1) - 2nc_2^2]^{1/2}$ ya no es necesario.

Criterio 3σ

$$LCS = B_2 \sigma$$

$$\text{linea central} = \sigma$$

$$LCI = B_1 \sigma$$

B_2, B_1 : Tabulado para diferentes valores de n. (anexo tabla N°

03)(Montgomery D. C., 2005)

d. CAPACIDAD DE PROCESO

Es la amplitud del proceso para producir productos dentro de los límites de especificaciones de calidad. La variabilidad natural del proceso es: $VN = 6\sigma$

Si la variabilidad del proceso es muy grande en comparación de la amplitud de tolerancia, aparecen unidades defectuosas por que no cumple con las especificaciones de la calidad. (Montgomery D. C., 2005)

e. CAPACIDAD POTENCIAL DEL PROCESO (CP)

Si $TS - TI > 6\sigma$

$$cp = \frac{TS - TI}{6\sigma}$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

f. RELACIÓN DE CAPACIDAD DEL PROCESO (RCP)

$$RCP = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

g. CAPACIDAD REAL DEL PROCESO (CPK)

Es un proceso potencialmente capaz si u esta distanciado suficientemente de M, se generan unidades defectuosas, puede estar produciendo fuera de los límites de tolerancia.

$$W = TS - TI \quad y \quad M = \frac{TS + TI}{2}$$

$$cpk = \frac{\frac{W}{2} - D}{3\sigma}$$

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

El agua

El agua es un líquido esencial para la vida animal y vegetal, constituye el medio ideal para la vida, es imprescindible para los seres vivos que habitan en él convirtiéndose cada vez en un recurso más escaso (Coronel, 2006)

Agua Potable

El término se aplica al agua que ha sido tratada para su consumo humano sin riesgo de contraer enfermedades según las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales. (SEDA, 2007)

Calidad del Agua

La calidad del agua es un parámetro importante que afecta a todos los aspectos de los ecosistemas y del bienestar humano, como la salud de una comunidad, el alimento que se ha de producir, las actividades económicas, la salud de los ecosistemas y la diversidad biológica. (Coronel, 2006)

Captación

El agua superficial es captada del río en su extremidad un sistema de cribado tipo canastilla metálica que tiene por finalidad retener material

flotante conducido por el río. Estas conducen el agua por gravedad a dos cisternas de succión denominados cámaras de reunión a partir de las cuales se bombea hacia la planta de tratamiento de agua.(SEDA, 2007)

Contaminación Del Agua

El peligro más común con relación al agua de consumo humano es el de su contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda es la provocada por el hombre que ha volcado sus desechos en las aguas (Avila, 1982)

Cloración

Método de desinfección del agua mediante la adición de cloro, cuyo propósito es destruir o inactivar los organismos patógenos que pudieran estar presentes en el agua.

Cloro Residual

El cloro es la concentración de cloro presente en el agua, tras la aplicación de la dosis considerada y transcurrido el tiempo de contacto necesario para realizar su acción oxidante, en el que se ha consumido parte del mismo.

Es un gas amarillo verdoso de olor picante e irritante y soluble en agua el cloro se aplica al agua por inyectores de cloro gaseoso.(Orellana, 2005)

Colorímetro

Es una herramienta que identifica el color y el matiz para una medida más objetiva del color, permite medir la absorbencia de una solución en una

específica frecuencia de luz camilogená ser determinada. Es por eso, que hacen posible descubrir la concentración de un soluto conocido que sea proporcional a la absorción (ver figura N° 02).

Dpd

El **DPD** es una mezcla sólida homogénea que se emplea para determinar la presencia de cloro libre o cloro total en aguas desinfectadas con insumos químicos clorados y se presenta en polvo, envasado en sachets de un material trilaminado que evita el contacto con la luz UV, la contaminación y la humedad.

Normas Internacionales

Los estándares de calidad también se usan para vigilar los procesos de tratamiento y corregirlos de ser necesario.

Organización Mundial de Salud (OMS)

La OMS se encarga de mejorar la calidad del agua potable y la salud humana y establecer las pautas, las cuales son adoptadas e impuestas por algunos países voluntariamente, ya que cada país es libre de establecer sus propias normas, las cuales pueden ser menores, iguales y/o más estrictas que las recomendadas por la OMS.

Planta de Tratamiento

La planta de tratamiento denominada sistemas de clarificación primaria, 01 convencional y 02 unidades compactas Patente Degremont. Esta planta fue construida en los años 1957 – 1960, inicialmente para una capacidad de 100 l/s y ampliada con decantadores de alta tasa Patente

Degremont para un caudal de 280 l/s, unidades que fueron instaladas incompletas. Para el año 2002 se ha realizado ampliación de la planta de tratamiento para un caudal de 300 l/s, que a la fecha algunas unidades de tratamiento no operan de acuerdo al caudal proyectado.

Tratamiento del Agua

Se denomina estación de tratamiento de agua potable al conjunto de estructuras en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

Turbidez

La apreciación de la turbidez en el agua de bebida es causada por materia articulada o coloidal, como consecuencia de un tratamiento de potabilización inadecuado o por la resuspensión de partículas sedimentadas en la red de distribución el agua se aclara con poli cloruro de aluminio (ver figura N° 03).

Tratamiento

Es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla apta para el consumo humano.

Nefelometría

Técnica analítica basada en la dispersión de la luz por partículas en suspensión en el seno de una disolución, midiendo el haz de luz en la dirección que forma un ángulo recto (90°).

2.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

CUADRO N° 01: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	INDICADORES	MATERIAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR
CLORO RESIDUAL	Satisface	Colorímetro	MG/l	0.5 -2 mg/l
	No satisface			
TURBIDEZ	Satisface	Turbidímetro	UNT	0-5 UNT
	No satisface			

FUENTE: Elaboración Propia De La Investigadora

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

3.1.1. METODOLOGÍA

A. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo, es una investigación de tipo básica, por cuanto presenta la teorización del control estadístico de calidad, como los gráficos de control, normas de calidad del agua.

B. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación cuantitativa, no experimental; dentro de ella es descriptivo aplicativo.

C. POBLACIÓN DE ESTUDIO

EPS SEDAJULIACA es la que presta servicios a la población, existen inconvenientes a cerca de la calidad y abastecimiento del agua ya que están en riesgo por el progresivo proceso de contaminación por las poblaciones inmigrantes, estas aguas son captadas, administradas y distribuidas por SEDAJULIACA la cual realiza un tratamiento de tipo convencional.

Para el estudio se tomó una población dinámica del agua de 228 a 324 l/s contenido en la línea de impulsión 24" que se capta del río Coata que cambia en forma diaria en la planta de tratamiento, según el tiempo de estudio febrero y marzo 2015.

D. TOMA DE MUESTRAS

Se tomó una (01) muestra diaria de cloro residual con 6 sub muestras de la línea de impulsión de 24". En distintos horarios durante los meses de febrero, marzo 2015 con un total de 59 muestras.

Para el análisis de la turbidez, se tomó una (01) muestra diaria con 3 sub muestras de la línea de impulsión de 24" durante los meses de febrero, marzo 2015 con un total de 59 muestras.

3.1.2. MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se recogió la información en tablas de registros diarios de cloro residual y turbidez.

El **cloro residual** se obtuvo mediante el método colorimétrico con DPD, el cloro libre reacciona instantáneamente con la DPD produciendo un complejo de color rosa, la intensidad de este es proporcional a la cantidad de cloro libre presente en la muestra.

Los datos de la **Turbiedad** se han obtenido mediante el turbidímetro de campo que miden la turbiedad del agua.

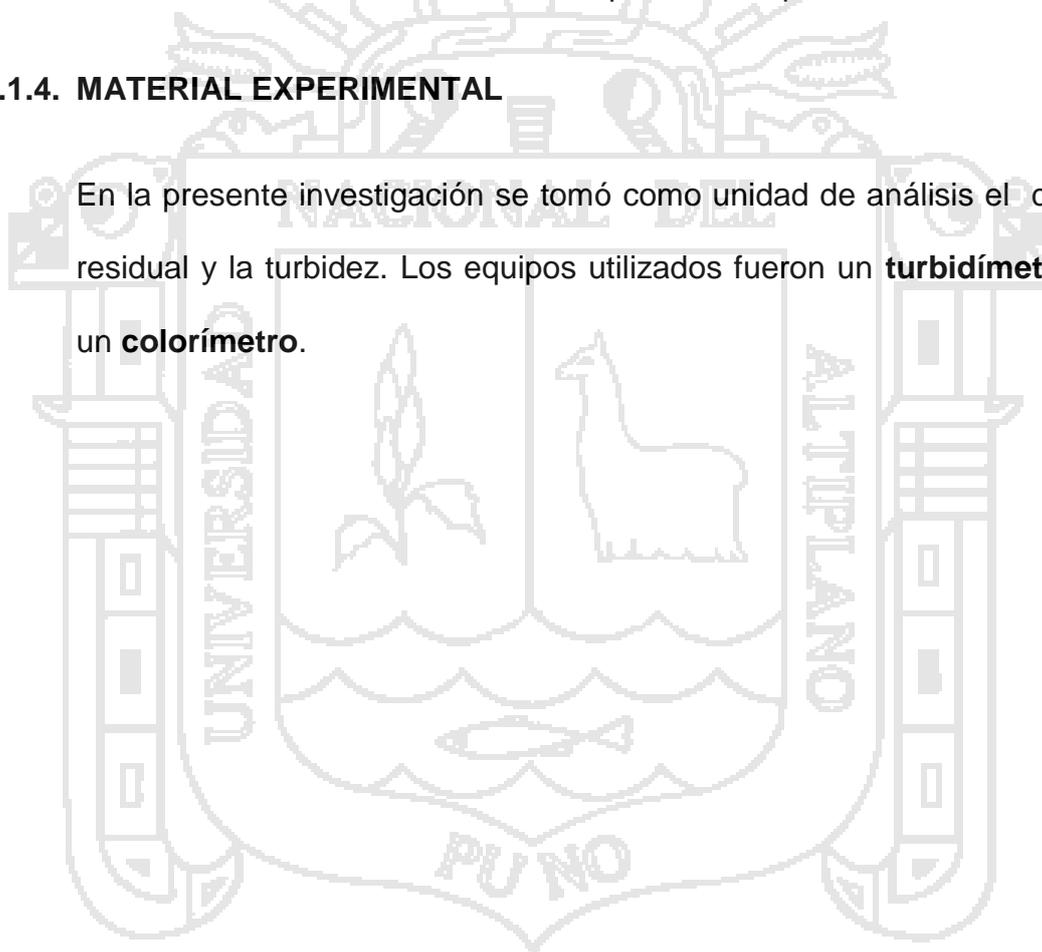
3.1.3. MÉTODO DE TRATAMIENTO DE DATOS

Se construyeron gráficas de control del cloro residual, turbidez mediante Excel 2007, Minitab versión 14.

La Metodología que se usó en este trabajo de investigación fue las cartas de control de media, rango, desviación estándar de Walter A. Shewhart para variables cuantitativas. Para la validación del control estadístico de la calidad, se usó la capacidad del proceso.

3.1.4. MATERIAL EXPERIMENTAL

En la presente investigación se tomó como unidad de análisis el cloro residual y la turbidez. Los equipos utilizados fueron un **turbidímetro** y un **colorímetro**.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis el cloro residual del agua mediante el control estadístico de proceso

4.1.1. Verificación del cumplimiento de los límites de especificación

Para el análisis del cloro residual del agua de la planta de tratamiento SEDA Juliaca, se construyeron gráficos de control para variables cuantitativas media, rango, desviación estándar; (1 muestra al día de tamaño 6, para un promedio \bar{x} y el gráfico estandarizado). La capacidad del proceso se analizó en función de los límites de especificación del Ministerio de Salud ($2,75 \pm 1,1067$) para determinar si el proceso, fue capaz de tener el agua con cloro que se requiere de estas especificaciones. A continuación se muestra la tabla N° 01 de cloro residual recolectados desde el 01 de febrero al 31 de marzo del 2015.

Tabla N° 01: Muestras diarias del cloro residual de la planta de tratamiento SEDA Juliaca durante los meses enero, febrero del 2015 y sus estadísticos (media, rango, desviación estándar).

Especificaciones: $2,75 \pm 1,1067$ ml/l.

CLORO RESIDUAL										
MUES.	FECHAS	6:00AM	9:00AM	12:00PM	2:00PM	6:00PM	9:00PM	\bar{X}	R	σ
1	01/02/2015	3,5	2,3	2,2	2,8	2,4	2,2	2,56667	1,30	0,50859
2	02/02/2015	2,5	2,5	2,6	3	2,1	2,5	2,53333	0,90	0,28752
3	03/02/2015	3	3,5	2,4	2,2	2	2,2	2,55000	1,50	0,57879
4	04/02/2015	2,8	3,4	2,2	2,3	2,1	2,1	2,48333	1,30	0,51929
5	05/02/2015	2,7	2,4	2,1	2,3	1,9	2	2,23333	0,80	0,29439
6	06/02/2015	3,3	2,2	2,2	2,1	3	2,1	2,48333	1,20	0,52694
7	07/02/2015	2,1	2,2	2,1	2	2,6	3,2	2,36667	1,20	0,45898
8	08/02/2015	2	2,1	2,2	2	2,2	2	2,08333	0,20	0,09832
9	09/02/2015	2	2	2	2,9	2,3	2,1	2,21667	0,90	0,35449
10	10/02/2015	3,4	2,1	2,1	2	2,3	2,3	2,36667	1,40	0,52026
11	11/02/2015	2,4	3,5	2,8	2,3	2,2	2,2	2,56667	1,30	0,50859
12	12/02/2015	2,5	2,5	2,3	2,2	2,1	2,5	2,35000	0,40	0,17607
13	13/02/2015	3,1	2,4	2	2,3	2,6	3	2,56667	1,10	0,42269
14	14/02/2015	2,1	3	2,3	2	2,2	3	2,43333	1,00	0,45019
15	15/02/2015	3,3	2,1	3,3	2,1	2	2,4	2,53333	1,30	0,60882
16	16/02/2015	2,5	2,5	2,5	1,8	2,3	2,2	2,30000	0,70	0,27568
17	17/02/2015	3,4	2	2,5	2,1	2,1	2,2	2,38333	1,40	0,52694
18	18/02/2015	2,4	3,4	2,4	2	2,2	2,1	2,41667	1,40	0,50761
19	19/02/2015	2,7	2	2,3	2	1,8	2	2,13333	0,90	0,32042
20	20/02/2015	2,5	2,1	2,2	2,1	2	2	2,15000	0,50	0,18708
21	21/02/2015	2,1	2,3	2,1	2	2,1	2,2	2,13333	0,30	0,10328
22	22/02/2015	2,2	2,5	2	2,1	2,2	2,5	2,25000	0,50	0,20736
23	23/02/2015	2,5	2,4	2,8	2,2	2,2	2,4	2,41667	0,60	0,22286
24	24/02/2015	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,1	2,38333	0,50	0,17224
25	25/02/2015	2,8	3,5	2,2	2	2,2	1,9	2,43333	1,60	0,60882
26	26/02/2015	2,7	2	2	2,1	2	2	2,13333	0,70	0,28048
27	27/02/2015	3	2,2	2,3	2,1	1,9	2,1	2,26667	1,10	0,38297
28	28/02/2015	2,3	2,8	2,5	2,3	2	2,8	2,45000	0,80	0,31464
29	01/03/2015	2,5	2,1	2,8	2	2,4	2,2	2,33333	0,80	0,29439
30	02/03/2015	3	2,3	2,2	1,8	2,1	2	2,23333	1,20	0,41312
31	03/03/2015	3,3	2,8	2,4	2,4	2	2,1	2,50000	1,30	0,48166
32	04/03/2015	3,5	3,5	2,5	2,3	2,1	2	2,65000	1,50	0,68044
33	05/03/2015	2,5	2,5	1,9	2	2	2,6	2,25000	0,70	0,31464
34	06/03/2015	2,5	2,3	2	2,1	2,6	2,7	2,36667	0,70	0,28048
35	07/03/2015	2,3	2	2,1	2,6	2,2	2,4	2,26667	0,60	0,21602



36	08/03/2015	2,4	2,1	2,6	2,5	2,1	2,3	2,33333	0,50	0,20656	
37	09/03/2015	3,5	2	2	2,3	2,3	2	2,35000	1,50	0,58224	
38	10/03/2015	2,4	2,8	2,4	2,4	2	2	2,33333	0,80	0,30111	
39	11/03/2015	2,5	2,9	2	2,2	2,1	2,1	2,30000	0,90	0,34059	
40	12/03/2015	2,6	2,9	2	2,3	2,2	2	2,33333	0,90	0,35590	
41	13/03/2015	2	2,2	2,1	2,1	2	2,6	2,16667	0,60	0,22509	
42	14/03/2015	2,1	2,3	2,2	2,3	2,8	2,4	2,35000	0,70	0,24290	
43	15/03/2015	2,5	2,1	3	3	2,2	2,5	2,55000	0,90	0,38341	
44	16/03/2015	3,5	2,2	2,5	3,2	2,2	2,4	2,66667	1,30	0,55015	
45	17/03/2015	3,4	2,7	2,3	2,1	2,1	2,3	2,48333	1,30	0,49967	
46	18/03/2015	3,5	3,5	2,2	2,2	2,3	2,3	2,66667	1,30	0,64704	
47	19/03/2015	2,6	2,5	2,1	2,1	2	2,1	2,23333	0,60	0,25033	
48	20/03/2015	2,5	2,3	2,3	2,3	2,6	2,7	2,45000	0,40	0,17607	
49	21/03/2015	2,3	2	2,7	2,5	2,2	2,8	2,41667	0,80	0,30605	
50	22/03/2015	2,5	2,3	2,8	2,4	2,2	2,3	2,41667	0,60	0,21370	
51	23/03/2015	3,5	2,4	2,8	2,5	2,2	2,4	2,63333	1,30	0,46762	
52	24/03/2015	3,5	3,3	2,4	2,5	2,1	2	2,63333	1,50	0,62503	
53	25/03/2015	2,5	3,4	2,2	2,3	2,3	2,5	2,53333	1,20	0,44121	
54	26/03/2015	2,4	2,6	2,3	2	2	2,6	2,31667	0,60	0,27142	
55	27/03/2015	2	2,4	2,4	2,1	2,6	2,5	2,33333	0,60	0,23381	
56	28/03/2015	2,1	2,3	2,1	2,2	1,8	2,4	2,15000	0,60	0,20736	
57	29/03/2015	2,5	2,1	2,8	2,3	2,2	2,1	2,33333	0,70	0,27325	
58	30/03/2015	2,8	2,5	2,4	2	2,2	2	2,31667	0,80	0,31252	
59	31/03/2015	3,5	3	2	2,5	2,3	2,3	2,60000	1,50	0,55136	
								Σ	140,6833	55,50	21,76948
								\bar{X}	2,38446	0,94	0,36282

Fuente: Empresa Prestadora de Servicios SEDAJuliaca 2014

a. Límite de Control para la gráfica R para el Cloro Residual

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} = \frac{55,5}{59} = 0,94$$

Para muestras de $n = 6$, se obtiene de la tabla N° 04 (del anexo) $D_3 = 0$, $D_4 = 2,004$ por lo tanto, los límites de control para la gráfica de R son:

$$LSC_R = D_4 \bar{R}$$

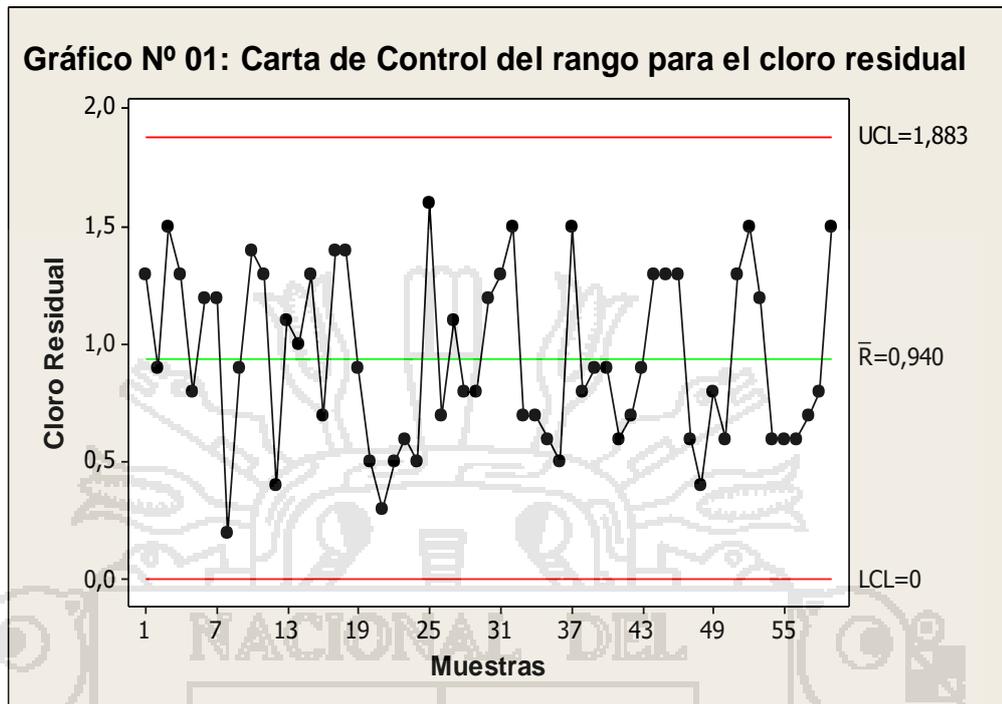
$$LSC_R = 2,004 * 0,94 = 1,883$$

$$LC_R = \bar{R}$$

$$LC_R = 0,94$$

$$LIC_R = D_3 \bar{R}$$

$$LIC_R = 0 * 0,94 = 0$$



Fuente: Planta de tratamiento SEDA Juliaca – Enero, febrero– 2015

En el gráfico N° 01, se observa que las 59 amplitudes del diagrama no reflejan indicios de una condición fuera de control, se encontró que los datos son cíclicos en las muestras 6,7,20,21,22,32,33,34,54,55,56,57,58; siendo también estos ocasionados por alguna anomalía asignables, denominados rachas siendo la causa de amplitud.

b. Límite de control para la gráfica \bar{x} para el cloro residual

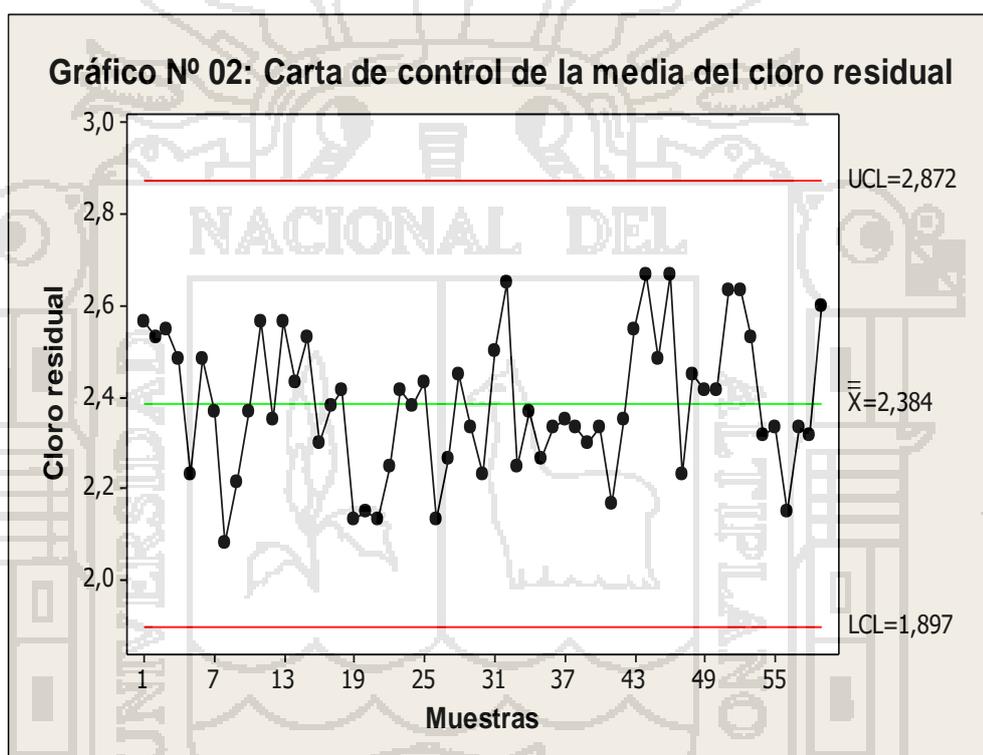
$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{59} = \frac{140,6833}{59} = 2,38446$$

Con el fin de determinar los límites de control del diagrama de la \bar{x} se utiliza $A_2 = 0,483$, Para muestras de $n=6$, del anexo (tabla N° 03) por lo tanto, los límites de control para la gráfica de la \bar{x} son:

$$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} \qquad LSC_{\bar{x}} = 2,384 + 0,483 * 0,94 = 2,872$$

$$LC_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} \qquad LC_{\bar{x}} = 2,384$$

$$LIC_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} \qquad LIC_{\bar{x}} = 2,384 - 0,483 * 0,94 = 1,897$$



Fuente: Planta de tratamiento SEDA Juliaca – Junio, julio – 2014

En el gráfico N° 02, se presenta el diagrama de la mediana se observa que los datos tienen precisión entre los límites 1,897 mg/l a 2,872 mg/l no se observa indicio alguno de una condición fuera de control cuando se grafica las medias muestrales.

Por consiguiente, se concluye que el proceso está controlado a los niveles establecidos, ya que ambos diagramas indican, y se adoptan los límites de control de prueba para utilizarlos en el control en línea del proceso.

Los diagramas de \bar{X} y R proporcionan información sobre la capacidad de funcionamiento del proceso. Con el diagrama de \bar{X} puede estimar la media del cloro residual

También existen datos cíclicos en los puntos 36, 37, 38,39 y 40 del gráfico por fallas del personal que trabaja en la planta de tratamiento Seda Juliaca.

c. Límite de control para la gráfica \bar{S} para el cloro residual

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0.94}{2.543} = 0,368974237$$

En caso que no se conozca \bar{S} se toma el valor de $d_2 = 2,543$ para muestra de $n=6$, se encuentra en la tabla los límites de especificación del cloro residual son $2,75 \pm 1,1067 \text{ mg/l}$.

$$LSC_{\bar{S}} = B_4 \bar{S}$$

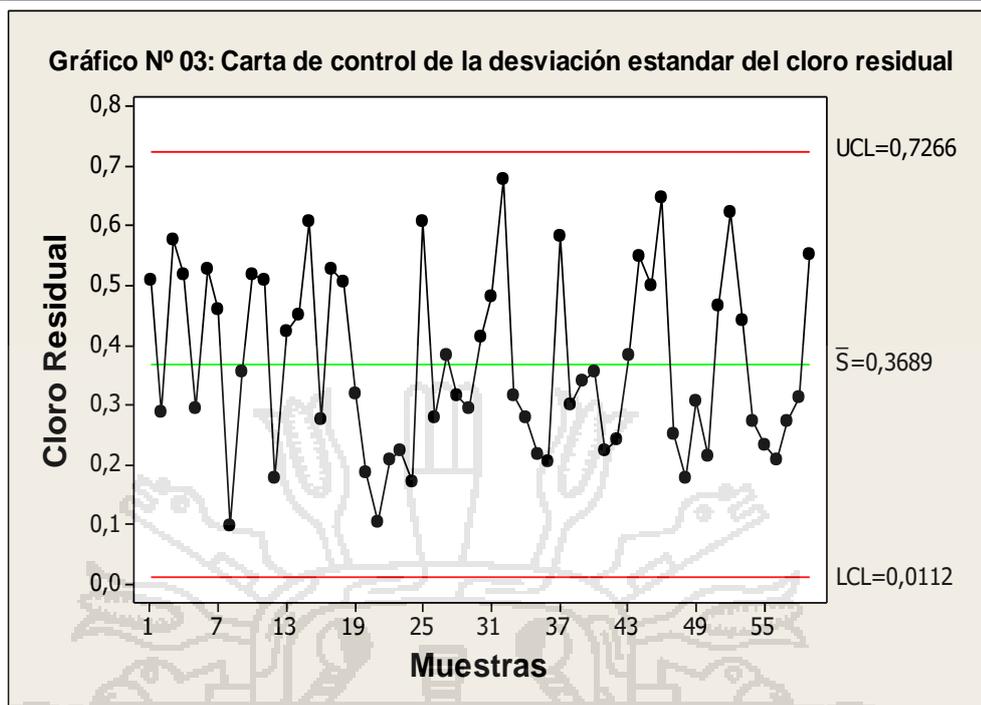
$$LSC_{\bar{S}} = 1,970 * 0,3689 = 0,7266$$

$$LC_{\bar{S}} = \bar{S}$$

$$LC_{\bar{S}} = 0,3689$$

$$LIC_{\bar{S}} = B_3 \bar{S}$$

$$LIC_{\bar{S}} = 0,030 * 0,3689 = 0,0112$$



Fuente: Planta de tratamiento SEDA Juliaca – Junio, julio – 2014

En el gráfico N° 03 se tiene el gráfico de la desviación estándar del cloro residual, donde se puede observar que tiene variación las muestras, está dentro de los límites de especificación que es de 0,0112 a 0,73mg/l.

4.1.2. Verificación del cumplimiento de los límites de especificación

Para el análisis del cloro residual, en la planta de tratamiento SEDA Juliaca, se construyeron las cartas de control para variables cuantitativas, media, rango y desviación estándar. La capacidad del proceso se analiza en función de los límites de especificación del Ministerio de Salud, en la tabla N° 01 se muestra las cantidades del cloro residual de la muestra recolectados desde el 01 de febrero al 31 de marzo del 2015.

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE PROCESO

El análisis de la capacidad del proceso involucra las siguientes verificaciones:

a. Análisis de la Distribución de Probabilidad

Analizar la fracción o proporción que cumple con las especificaciones

$2,75 \pm 1,1067 \text{mg/l}$

$$\mu = 2,75$$

$$\bar{x} = 2,384$$

$$\sigma = 0,3689$$

$$LCS = 3,8567$$

$$LCI = 1,6433$$

$$p = P[x < 1,6433] + P[x > 3,8567], \text{ estandarizando}$$

$$p = \phi \left[\frac{1,6433 - 2,384}{0,3689} \right] + 1 - \phi \left[\frac{3,8567 - 2,384}{0,3689} \right]$$

$$p = \phi[-2,00786121] + 1 - \phi[3,992138]$$

$$p = 0,0223290 + 1 - 0,99996$$

$$p = 0,022361761$$

$$p = 2,23617\%$$

Es decir, que el 97,76% del cloro residual estarían dentro de los límites de especificaciones.

Índice de Capacidad Potencial del Proceso (Pcr)

Con esta verificación se calculó el porcentaje de Cloro residual que cumplieron las especificaciones dadas por el Ministerio de Salud.

A continuación se describe el proceso de cálculo:

$$LTN = 2,75 \pm 1,1067$$

$$\mu = 2,75$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,94}{2,543} = 0,3689$$

$$RCP = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}} = \frac{3,8567 - 1,6433}{6 * 0,3689} = 1$$

Se muestra un proceso RCP=1, se observa que los límites de especificación quedan fuera de los límites de tolerancia natural por consiguiente, no se producirán virtualmente unidades disconformes.

Por lo tanto el proceso fue potencialmente capaz de realizar una eficiente cloración de agua y cumple con la tolerancia que tiene el Ministerio de salud de 0.5 mg/l a 5 mg/l, puesto que los límites de tolerancia natural en el proceso de cloración son inferiores a los límites de especificación.

b. Capacidad Real del Proceso (Cpk)

Con esta verificación se determinó la utilización del porcentaje de la variabilidad entre los elementos de la misma muestra.

$$W = TS - TI \quad y \quad M = \frac{TS + TI}{2}$$

Remplazando en la fórmula

$$W = 3,8567 - 1,6433 = 2,2134$$

$$M = \frac{3,8567 + 1,6433}{2} = 2,75$$

$$\bar{x} = 2,384$$

$$D = |M - \bar{x}| = |2,75 - 2,384| = 0,366$$

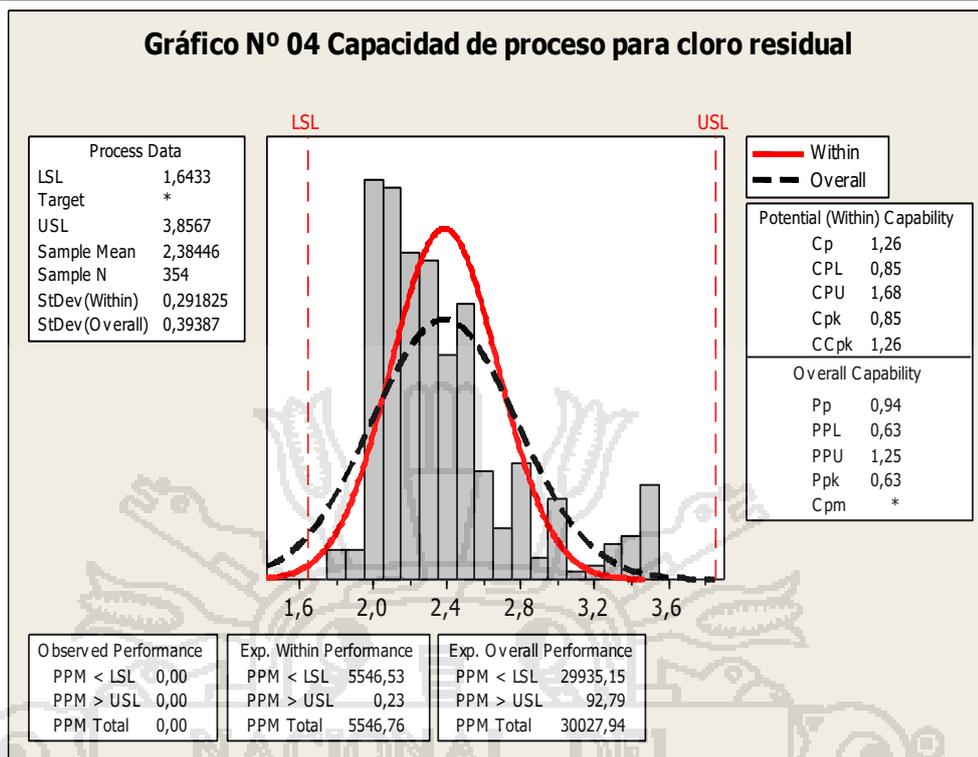
$$k = \frac{D}{\frac{W}{2}} = \frac{0,366}{\frac{2,2134}{2}} = 0,33071$$

$$k * 100 = 0,33071 * 100 = 33,07129\%$$

La media del proceso esta desviada por más del 33% hacia la derecha o hacia el límite superior porque el centrado del proceso es inadecuado, esto contribuye de manera significativa a la baja capacidad del proceso para cumplir con la especificación superior

$$c\bar{p}k = \frac{w}{6\sigma} (1 - k) = \frac{2,2134}{6 * 0,389} (1 + 0,33071) = 1,261950$$

Las muestras presentaron un desfaseamiento al lado del límite de especificación superior; por tanto, la capacidad real del proceso disminuye en 33,29 como consecuencia del centrado.



Fuente: Planta de tratamiento SEDA Juliaca – febrero, marzo– 2015

En el gráfico N° 04 se ha dibujado el histograma de muestras diarias de cloro residual las cuales fueron comparadas con límites de especificación de 1,6 a 2,6 mg/l. En esta gráfica se aprecia la distribución normal la cual nos indica que los datos de cloro residual estuvieron sobrecargados al lado del límite de especificación inferior y se observó la capacidad potencialmente capaz el cual indica que el proceso utiliza más del 100% de la banda de la especificación, esto estima que el porcentaje del proceso de la producción estuvo dentro de control estadístico.

c. Función de Operación

Con esta verificación se determinó el corrimiento de la media.

$$\beta = P[LCL \leq \bar{x} \leq LCS \mid u = u_1 = u_0 + k\sigma \quad \text{Si}$$

$$\bar{x} \sim N(u_{\bar{x}}, \sigma^2/\sqrt{n}) \quad , \quad E(\bar{x}) = u_x, V(\bar{x}) = \sigma^2/\sqrt{n}$$

$$\mu_1 = \mu_0 + k\sigma$$

$$2,384 = 2,75 + k(0,369) = k = -0,94$$

$$\beta = P[LCL \leq \bar{x} \leq LCS] = -L - k\sqrt{n} \leq \bar{x} \leq L - k\sqrt{n}$$

$$n = 6$$

$$\beta = P\left[\frac{2,872 - 2,384}{\frac{0,369}{\sqrt{6}}} \leq z \leq \frac{1,897 - 2,384}{\frac{0,369}{\sqrt{6}}}\right]$$

$$\beta = P\left[\frac{0,488}{0,1506} \leq z \leq \frac{-0,488}{0,1506}\right] = P[3,2403 \leq z \leq -3,240]$$

$$\beta = 0,999 - 0,00059 = 0,99841$$

$$1 - \beta = (1 - 0,99841) = 0,00159 \approx 0,16\%$$

Por tanto el 0.99 es la probabilidad de no detectar el corrimiento con la primera muestra subsecuente y la probabilidad de detectar el corrimiento con la primera muestra subsecuente fue de 0.01 %.

4.2. Análisis para verificar si la turbidez está bajo control estadístico de la calidad

Para el análisis de turbiedad del agua en la planta de tratamiento Seda Juliaca, se construyeron las cartas de control para variables cuantitativas media, rango, desviación estándar; (muestras de tamaño 3, para un promedio \bar{x} y el gráfico estandarizado). La capacidad del proceso se analizó en función de los límites de especificación

planteadas por el Ministerio de Salud ($2,5 \pm 2,5$) para determinar si el proceso fue capaz de tener agua limpia que se requiere de estas especificaciones. A continuación se muestra la tabla N° 02 muestras diarias de turbidez que se recolecto desde el 01 de febrero al 31 de marzo del 2015.



Tabla N. 02: Muestras diarias de turbidez del agua de la planta de tratamiento SEDA Juliaca 2015 según la fecha de tratamiento y sus estadísticos (media, rango, desviación estándar). Especificaciones: $2,5 \pm 1,158$ UNT.

TURBIDEZ							
Nº DE MUESTRAS	FECHA DE MUESTRAS	9:00AM	2:00PM	9:00PM	\bar{X}	R	σ
1	01/02/2015	1,32	1,41	1,52	1,4167	0,2	0,10017
2	02/02/2015	1,22	0,87	1,39	1,1600	0,52	0,26514
3	03/02/2015	1,4	1,43	1,53	1,4533	0,13	0,06807
4	04/02/2015	0,979	0,975	1,32	1,0913	0,345	0,19804
5	05/02/2015	0,618	1,26	1,54	1,1393	0,922	0,47270
6	06/02/2015	0,446	0,636	1,26	0,7807	0,814	0,42585
7	07/02/2015	0,606	0,802	1,33	0,9127	0,724	0,37447
8	08/02/2015	0,5	1,19	1,48	1,0567	0,98	0,50342
9	09/02/2015	0,364	1,05	1,04	0,8180	0,686	0,39321
10	10/02/2015	0,99	1,43	1,24	1,2200	0,44	0,22068
11	11/02/2015	0,864	0,78	1,18	0,9413	0,4	0,21092
12	12/02/2015	0,594	1,21	1,36	1,0547	0,766	0,40594
13	13/02/2015	0,838	0,809	1,18	0,9423	0,371	0,20634
14	14/02/2015	1,21	0,821	1,97	1,3337	1,149	0,58440
15	15/02/2015	1,1	0,661	1,38	1,0470	0,719	0,36242
16	16/02/2015	1,36	1,59	1,42	1,4567	0,23	0,11930
17	17/02/2015	1,63	0,982	1,16	1,2573	0,648	0,33479
18	18/02/2015	1,21	0,951	1,02	1,0603	0,259	0,13413
19	19/02/2015	1,14	1,76	1,81	1,5700	0,67	0,37323
20	20/02/2015	1,14	1,41	1,72	1,4233	0,58	0,29023
21	21/02/2015	1,1	1,21	1,57	1,2933	0,47	0,24583
22	22/02/2015	0,75	0,852	1,09	0,8973	0,34	0,17447
23	23/02/2015	0,563	1,11	1,71	1,1277	1,147	0,57370
24	24/02/2015	0,629	1,52	1,5	1,2163	0,891	0,50874
25	25/02/2015	1,91	0,87	1,34	1,3733	1,04	0,52080
26	26/02/2015	0,684	1,51	1,41	1,2013	0,826	0,45081
27	27/02/2015	0,702	1,17	1,61	1,1607	0,908	0,45407
28	28/02/2015	1,65	1,07	1,81	1,5100	0,74	0,38936
29	01/03/2015	0,669	1,15	1,51	1,1097	0,841	0,42195
30	02/03/2015	0,718	1,62	1,45	1,2627	0,902	0,47929
31	03/03/2015	0,624	1,36	1,53	1,1713	0,906	0,48157
32	04/03/2015	1,62	0,498	1,71	1,2760	1,212	0,67527
33	05/03/2015	0,939	1,38	0,995	1,1047	0,441	0,24008
34	06/03/2015	1,59	1,06	1,37	1,3400	0,53	0,26627
35	07/03/2015	0,697	0,987	1,36	1,0147	0,663	0,33236
36	08/03/2015	1,26	0,815	1,51	1,1950	0,695	0,35203
37	09/03/2015	1,29	1,45	1,42	1,3867	0,16	0,08505
38	10/03/2015	1,51	1,52	1,54	1,5233	0,03	0,01528



39	11/03/2015	0,975	0,918	1,5	1,1310	0,582	0,32083	
40	12/03/2015	1,31	1,14	1,46	1,3033	0,32	0,16010	
41	13/03/2015	0,743	0,776	1,32	0,9463	0,577	0,32403	
42	14/03/2015	0,688	0,988	1,19	0,9553	0,502	0,25259	
43	15/03/2015	0,841	1,34	1,51	1,2303	0,669	0,34772	
44	16/03/2015	0,755	1,49	1,42	1,2217	0,735	0,40566	
45	17/03/2015	0,641	0,669	0,918	0,7427	0,277	0,15249	
46	18/03/2015	0,354	0,319	1,14	0,6043	0,821	0,46423	
47	19/03/2015	0,424	1,74	0,901	1,0217	1,316	0,66625	
48	20/03/2015	0,489	0,349	0,86	0,5660	0,511	0,26406	
49	21/03/2015	0,47	0,69	0,999	0,7197	0,529	0,26574	
50	22/03/2015	0,349	0,791	1,16	0,7667	0,811	0,40605	
51	23/03/2015	1,14	1,11	1,45	1,2333	0,34	0,18824	
52	24/03/2015	0,473	0,668	1,43	0,8570	0,957	0,50572	
53	25/03/2015	0,531	0,412	1,1	0,6810	0,688	0,36771	
54	26/03/2015	0,472	1,51	1,26	1,0807	1,038	0,54174	
55	27/03/2015	0,864	0,816	1,33	1,0033	0,514	0,28392	
56	28/03/2015	0,395	0,806	1,35	0,8503	0,955	0,47904	
57	29/03/2015	0,501	0,594	1,35	0,8150	0,849	0,46565	
58	30/03/2015	0,328	0,488	1,11	0,6420	0,782	0,41312	
59	31/03/2015	0,524	0,511	1	0,6783	0,489	0,27865	
					Σ	64,3493	38,557	20,26389
					\bar{X}	1,0907	0,6535	0,34346

Fuente: Empresa Prestadora de Servicios SEDA Juliaca 2015

a. Límite de Control para el \bar{R} de la gráfica para la turbiedad

$$m = 59$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} = \frac{38,557}{59} = 0,6535$$

Para muestras de $n=3$, se obtiene de la tabla que $D_3=0$, $D_4=2,575$. Por

lo tanto, los límites de control para la gráfica de R son:

$$LSC_R = D_4 \bar{R}$$

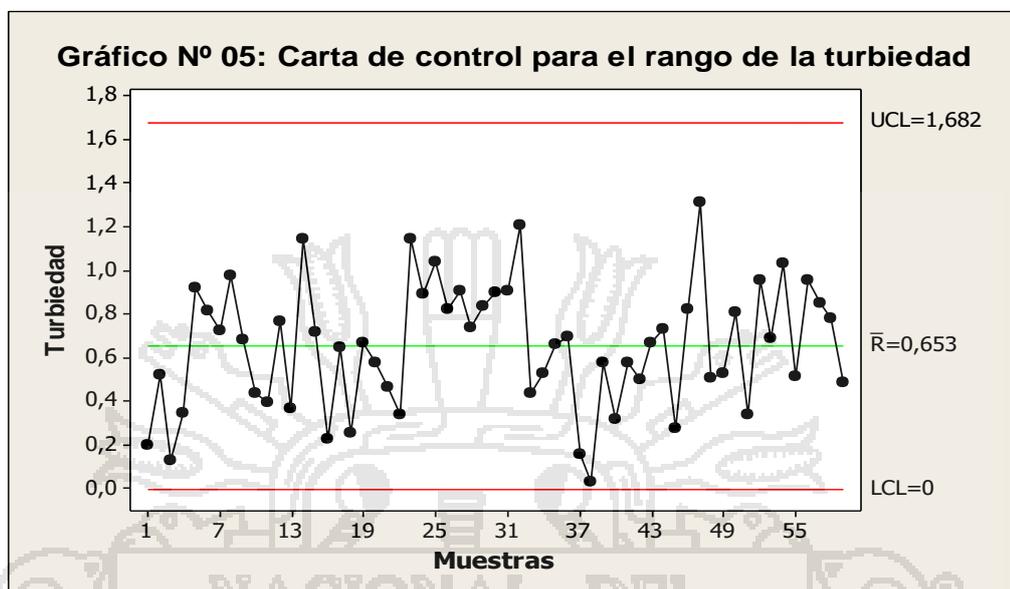
$$LSC_R = 2,575 * 0,635 = 1,634$$

$$LC_R = \bar{R}$$

$$LC_R = 0,635$$

$$LIC_R = D_3 \bar{R}$$

$$LIC_R = 0 * 0,635 = 0$$



Fuente: Planta de tratamiento SEDA Juliaca – febrero, marzo– 2015

En el gráfico N° 05: Se observa en la gráfica de 59 amplitudes no existen indicios de una condición fuera de control.

Como el diagrama R indica que la variabilidad del proceso está bajo control, puede trazarse ahora el diagrama de \bar{x} .

b.Límite de control para la gráfica \bar{X} para la turbidez

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{59} = \frac{64,3494}{59} = 1,0907$$

Con el fin de determinar los límites de control del diagrama de la \bar{x} se utiliza $A_2 = 1,023$, Para muestras de $n= 3$, (ver anexo de la tabla N° 03) por lo tanto, los límites de control para la gráfica de la \bar{x} son:

$$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

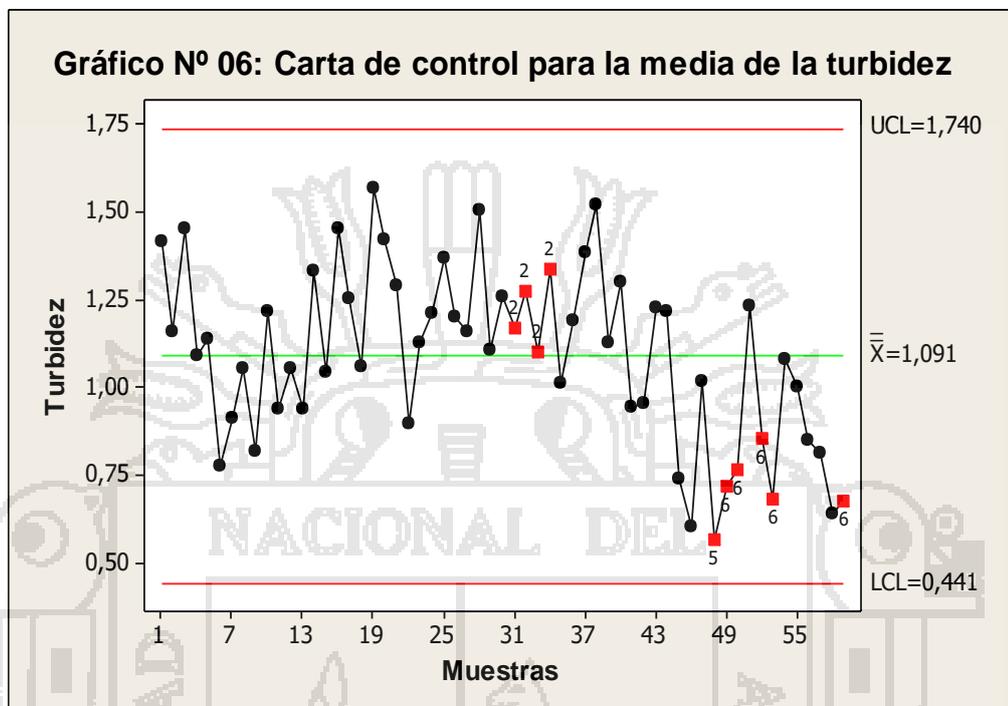
$$LSC_{\bar{x}} = 1,091 + 1,023 * 0,635 = 1,74$$

$$LC_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}}$$

$$LC_{\bar{x}} = 1,091$$

$$LIC_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

$$LSC_{\bar{x}} = 1,091 - 1,023 * 0,635 = 0,441$$



Fuente: Planta de tratamiento SEDA Juliaca – febrero, marzo– 2014

En el gráfico N° 07, en el diagrama de $\bar{\bar{X}}$ no se observa indicio alguno de una condición fuera de control cuando se grafica las medias muestrales preliminares en este diagrama. Por consiguiente, se concluye que el proceso está controlado a los niveles establecidos.

Las muestras tomadas tuvieron precisión dentro de los límites de especificación planteadas por el Ministerio de Salud que es de 0 a 5UNT, por tanto estos datos cumplen con los límites de especificación.

c. Límite de Control para la gráfica \bar{S} de la turbiedad

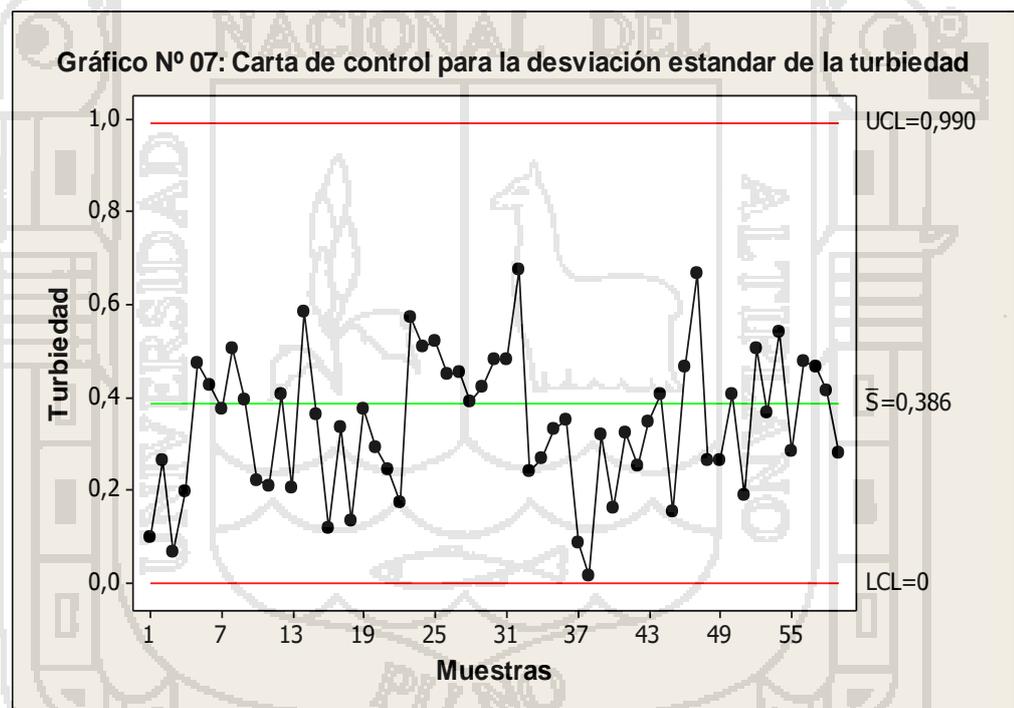
$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,6535}{1,693} = 0,38600$$

Donde el valor de $d_2 = 1,693$ para muestra de $n=3$ se encuentra en la tabla los límites de especificación de la turbiedad son $2,5 \pm 2,5$ UNT. Es posible usar la gráfica, se estima la fracción de cloro residual que no cumplen con las especificaciones, con una variable aleatoria normal, con media 2,5 UNT y desviación estándar 0,65 de la siguiente manera:

$$LSC_{\bar{s}} = B_4 \bar{s} \qquad LSC_{\bar{s}} = 2,568 * 0,386 = 0,99$$

$$LC_{\bar{s}} = \bar{s} \qquad LC_{\bar{s}} = 0,386$$

$$LIC_{\bar{s}} = B_3 \bar{s} \qquad LIC_{\bar{s}} = 0 * 0,386 = 0$$



Fuente: Planta de tratamiento SEDA Juliaca – febrero, marzo – 2014

En el gráfico N° 07: se muestra que los datos se encuentran dentro de los límites de control que está entre 0 a 0,99 UNT y se ve que existe mucha variación en los datos.

4.2.1. Verificación del cumplimiento de los límites de especificación

Para el análisis de la turbiedad, en la planta de tratamiento SEDA Juliaca, se construyeron las cartas de control para variables cuantitativas, media, rango y desviación estándar. La capacidad del proceso se analizó en función de los límites de especificación del Ministerio de Salud. Para las muestras de turbidez que se recolectaron desde el 01 de febrero al 31 de marzo del 2015.

Análisis de la Capacidad de Proceso

El análisis de la capacidad del proceso involucra las siguientes verificaciones:

a. Estimación de la Capacidad de Proceso

Con esta verificación se calculó el porcentaje de turbidez que cumplieron dentro de las especificaciones dadas por el Ministerio de Salud.

A continuación se describe el proceso de cálculo:

b. Análisis de la Distribución de Probabilidad

Analizar la fracción o proporción que cumple con las especificaciones

$2,5 \pm 1,158$ UNT

$$\mu = 2,5$$

$$\bar{x} = 1,091$$

$$\sigma = 0,386$$

$$LCS = 3,6588$$

$$LCS = 1,342$$

$p = P[x < 1,342] + P[x > 3,658]$, estandarizando

$$p = \phi \left[\frac{3,658 - 1,091}{0,386} \right] + 1 - \phi \left[\frac{1,342 - 1,091}{0,386} \right]$$

$$p = \phi[6,650259] + 1 - \phi[[0,650259]]$$

$$p = 1 + 1 - 0,742237$$

$$p = 1,257762 = 100\%$$

Es decir, el 100% de los datos de la turbidez del agua de la planta de tratamiento de Seda Juliaca se encuentran dentro de los límites de especificación.

c. Índice de Capacidad Potencial del Proceso (Pcr)

Con esta verificación se determinó la utilización del porcentaje de la banda de especificación.

A continuación se describe el proceso: Dada los límites de especificación por el Ministerio De Salud son:

$$LE = 2,5 \pm 3 * 0,386$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,653}{1,693} = 0,385705$$

$$\hat{cp} = \frac{TS - TI}{6\hat{\sigma}} = \frac{3,658 - 1,342}{6 * 0,386} = 1,0029$$

Por tanto el proceso de tratamiento fue potencialmente capaz de estar dentro de los límites de especificación de 0,091a 3,658 UNT, puesto que los límites de tolerancia natural en el proceso de turbidez se encuentran dentro de los límites de especificación.

Si la inversa de $\frac{1}{\hat{c}_p} * 100\%$, mide el porcentaje de banda de las especificaciones. Si la estimación de la capacidad potencial del proceso es menor a 1, se dice que el proceso de tratamiento del agua estuvo utilizando más del 100% de la banda de especificaciones.

d. Capacidad Real del Proceso (Cpk)

Con esta verificación se determinó la utilización del porcentaje de la variabilidad entre los elementos de la misma muestra.

$$W = TS - TI \quad y \quad M = \frac{TS + TI}{2}$$

Remplazando en la fórmula

$$W = 3,658 - 1,342 = 2,316$$

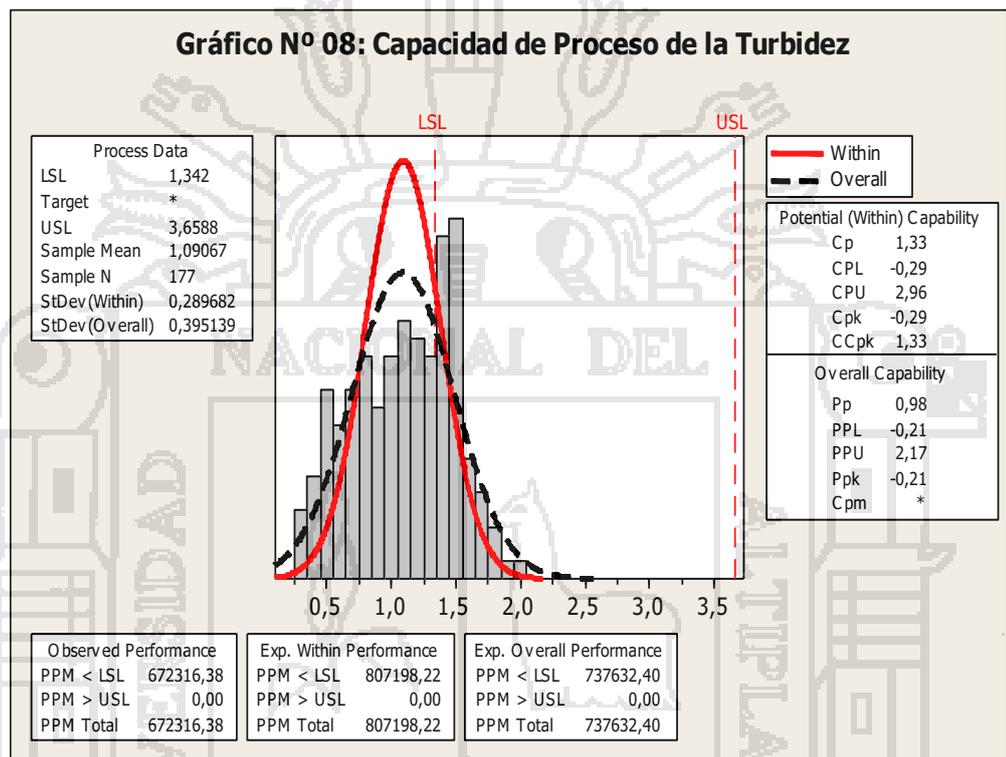
$$M = \frac{3,658 + 1,342}{2} = 2,5004$$

$$D = |M - u| = |2,5004 - 1,091| = 1,4094$$

$$k = \frac{D}{\frac{W}{2}} = \frac{1,4094}{\frac{2,316}{2}} = 1,2166$$

$$\widehat{cpk} = \frac{w}{6\sigma} (1 - k) = \frac{2,316}{6 * 0,386} (1 - 1,216) = -0,21675302$$

Las muestras presentaron un desfaseamiento al lado del límite de especificación inferior; por tanto, la capacidad real del proceso disminuye en -1,22 como consecuencia del centrado.



Fuente: Planta de tratamiento SEDA Juliaca – febrero, marzo – 2014

En el gráfico N° 08 se ha dibujado un histograma con las muestras de la turbidez las cuales fueron comparadas con límites de especificación de 1,342 a 3,6588 UNT. En esta gráfica se aprecia una distribución normal la cual nos indica que los datos de la turbidez estuvieron sobrecargados al lado del límite de especificación inferior, pero que se encuentran dentro de los límites de específicos que tiene Ministerio de Salud para controlar la calidad de agua para consumo humano.

e. FUNCIÓN DE OPERACIÓN

Con esta verificación se determinó el corrimiento de la media.

$$\beta = P[LCI \leq \bar{x} \leq LCS \mid u = u_1 = u_0 + k\sigma \quad \text{Si}$$

$$\bar{x} \sim N(u_{\bar{x}}, \sigma^2/\sqrt{n}) \quad , \quad E(\bar{x}) = u_x, V(\bar{x}) = \sigma^2/\sqrt{n}$$

$$\mu_1 = \mu_0 + k\sigma$$

$$1,091 = 2,5 + k(0,386) = k = -3,650$$

$$\beta = P[LCI \leq \bar{x} \leq LCS] = -L - k\sqrt{n} \leq \bar{x} \leq L - k\sqrt{n}$$

$$n = 3$$

$$\beta = P\left[\frac{1,740 - 1,091}{\frac{0,386}{\sqrt{3}}} \leq z \leq \frac{0,441 - 1,091}{\frac{0,386}{\sqrt{3}}}\right]$$

$$\beta = P\left[\frac{0,649}{0,2228} \leq z \leq \frac{-0,65}{0,2228}\right] = P[2,9121 \leq z \leq -2,9174]$$

$$\beta = 0,9982 - 0,01399 = 0,9842$$

$$1 - \beta = (1 - 0,9999) = 0,01586 \quad 0,15\%.$$

Por tanto él 98,42% es la probabilidad de no detectar el corrimiento con la primera muestra subsecuente y la probabilidad de detectar el corrimiento con la primera muestra subsecuente fue de 0.158 %.

CONCLUSIÓN

Se concluye con el rechazo de la hipótesis general e hipótesis específico de acuerdo a las especificaciones dadas por el Ministerio de Salud Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano – D.S. N° 031-2010-SA.

El cloro residual se encuentra bajo control estadístico de calidad ya que los límites de especificación de la planta de tratamiento SEDA Juliaca fue LIC: 1,897 mg/l LCS: 2,872 mg/l mientras los límites de tolerancia LIC: 1,6433 mg/l, LCS: 3,8567 mg/l.

Del mismo modo se verifico las muestras de turbiedad y se encuentra bajo control estadístico de calidad con límites de especificación de la planta de tratamiento SEDA Juliaca fue LIC: 0,441 UNT LCS: 1,74 UNT mientras los límites de tolerancia LIC: 1.342 UNT LCS: 3,6588 UNT

RECOMENDACIONES

Se recomienda a los funcionarios de SEDA JULIACA que tengan mayor cuidado con el tratamiento del agua antes de distribuirlas a los domicilios, ya que el agua tratada es bombeada hacia los reservorios a partir de dos cisternas ubicadas en la planta de tratamiento, en el transcurso se pierde el cloro residual por la distancia que recorre porque las tuberías están oxidadas, la sala de cloración está deteriorada y el equipamiento en su conjunto no tiene la capacidad suficiente, se tiene que rehabilitar y equipar totalmente esta unidad de tratamiento para garantizar la calidad del agua producida en la planta de agua.

Sensibilizar y capacitar a los operadores que se encuentran laborando en la planta de tratamiento, sobre las consecuencias que con lleva un deficiente proceso de cloración ya que el costo del cloro es alto, el exceso de cloro presenta problemas al sistema digestivo, el consumo regular en niños también causa anemia.

También se recomiendan a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Estadística e Informática que sigan realizando trabajos de investigación a cerca de la calidad del agua, con respecto a otros elementos químicos, análisis de muestras de cloro residual en viviendas, realizar pronósticos de consumo del agua en la Provincia de San Román Distrito de Juliaca, ya que el agua es uno de los problemas más grandes que tiene la ciudad.

BIBLIOGRAFÍA

- Avila, L. (1982). *Manejo y Control de la Calidad del agua en la Bahía de puno*. Puno- Peru.
- Carot, A. V. (2001). *Control Estadístico de Calidad*. Alfaomega.
- Coronel, P. J. (2006). *agua potable*.
- Escalante, E. J. (2003). *Seis Sigma Metodología y técnica*. limusa.
- Escalante, V. (2003). *Seis Sigma Metodología y Técnicas*. Limusa Willey, segunda edición.
- Fernandez, M. R. y Solorzano, D. Prado, J.M. (1990). *Calidad de Las Aguas del río Anllons III*.
- García, O. (1993). *Estadística Descriptiva y Probabilidades*. Macro.
- Gutiérrez, H. (2004). *Control Estadístico de Calidad y seis Sigma*. Mc Graw Hill segunda edición.
- Mitacc, M. (1992). *Temas de estadística descriptiva y probabilidad*. Perú.
- Montesde Oca, B. C. (2012). *Determinación del Cloro Residual y cloro total*. *The Arch Of Europe* , 5.
- Montgomery, D. C. (2005). *Control Estadístico de Calidad*. limusa wiley tercera edición.
- Montgomery, D. C. (2005). *Probabilidad y estadística aplicadas a la Ingeniería*. limusa wiley, segunda edición.
- Orellana, A. J. (2005). Características del Agua Potable. *Ingeniería Sanitaria* , 7.
- Rivas, M. G. (2001). *Abastecimiento de agua Potable y Alcantarillado*. caracas: Segunda edición Editorial Vegas.
- Roberto S., Carlos F., Pilar Baptista L., (2006). *Metodología de la Investigación*. Graw Hill.
- Rojas, R. (2002). *elementos de vigilancia y control. guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*. lima: cepis/ops.
- Salsona, F. (2002). *guías para elaborar normas de calidad del agua de bebida en los países en desarrollo*. Lima: Cepis/ops.
- Salud, O. M. (09 de marzo de 2014). http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_potable. Recuperado el 2014, de http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_potable.

Salud, O. M. (7 de febrero de 2003). <http://www.aquagest-regiondemurcia.es/img/contenidos/1/ficha-sobre-calidad-del-agua.pdf>. Obtenido de <http://www.aquagest-regiondemurcia.es/img/contenidos/1/ficha-sobre-calidad-del-agua.pdf>.

saneamiento, S. N. (1995). Reglamento de Calidad del Agua de consumo Humano. *Normas Oficiales para la calidad del agua Perú* , 57.

SEDA, J. (2007). PLAN MAESTRO OPTIMIZADO SEDA JULIACA S.A. JULIACA.

Seminario Mohme, G. (23 de marzo de 2014). El Agua, la paradoja. *La Republica* , pág. 1.

Truque, B. P. (2010). Armonización de los Estándares de Agua Potable en las Americas.

TESIS

Aquize y Fernando (1997). **“Control Estadístico de calidad del análisis del agua potable (Aziruni)”**. Universidad Nacional del Altiplano – Facultad de Ingeniería Estadística e Informática, tesis pregrado

Mamani (2013). **“Control estadístico de la calidad de queso respecto al peso y unidades defectuosas para mejorar la producción en la planta quesera del centro poblado de Chijnaya – Pucará - 2013”**. Universidad Nacional del Altiplano – Facultad de Ingeniería Estadística e Informática, tesis pregrado

Gutiérrez y Torres (2013). **“Estudio comparativo y Estadístico de la calidad del agua potable en las redes de distribución de la parroquia Guapán del cantón Azogues” de la ciudad de la Cuenca Ecuador”**. Facultad de Ciencias Químicas, tesis pregrado.

Carrillo y Villalobos (2011), **“Análisis comparativo de los índices de calidad del agua (ICA) de los ríos Tecolutca y Cazonas en el periodo marzo –**

dicembre 2010” Universidad Veracruzana Facultad de Ciencias Químicas
Región Poza Rica – Tuxpam, tesis pregrado

WEB GRAFÍA

Salud, O. M. (09 de marzo de 2014). http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_potable.

Recuperado el 2014, de http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_potable.

Salud, O. M. (7 de febrero de 2003). <http://www.aquagest-regiondemurcia.es/img/contenidos/1/ficha-sobre-calidad-del-agua.pdf>. Obtenido de <http://www.aquagest-regiondemurcia.es/img/contenidos/1/ficha-sobre-calidad-del-agua.pdf>.



ANEXOS



TABLA Nº 03: CONSTANTES PARA LÍMITES DE CONTROL DE LA MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Nº de observaciones	Carta para promedios			Carta para desviaciones normales					
	Factores para límites de control			Factores para línea central		Factores para límites de control			
	A	A_1	A_2	C_2	$1/C_2$	B_1	B_2	B_3	B_4
2	2.121	3.760	1.88	0.5642	1.7725	0	1.843	0	3.267
3	1.732	2.394	1.023	0.7236	1.382	0	1.858	0	2.568
4	1.500	1.880	0.729	0.7979	1.2533	0	1.808	0	2.266
5	1.342	1.596	0.577	0.8407	1.1894	0	1.756	0	2.089
6	1.225	1.410	0.483	0.8686	1.1512	0.026	1.711	0.030	1.970
7	1.134	1.277	0.419	0.8882	1.1259	0.105	1.672	0.118	1.882
8	1.061	1.175	0.373	0.9027	1.1078	0.167	1.638	0.185	1.815
9	1.000	1.094	0.337	0.9139	1.0942	0.219	1.609	0.239	1.761
10	0.949	1.028	0.308	0.9227	1.0837	0.262	1.584	0.284	1.716
11	0.905	0.973	0.285	0.9300	1.0753	0.299	1.561	0.321	1.679
12	0.866	0.925	0.266	0.9359	1.0684	0.331	1.541	0.354	1.646
13	0.832	0.884	0.249	0.9410	1.0627	0.359	1.523	0.382	1.618
14	0.802	0.848	0.235	0.9453	1.0579	0.384	1.507	0.406	1.594
15	0.775	0.816	0.223	0.9490	1.0537	0.406	1.492	0.428	1.572
16	0.750	0.788	0.212	0.9523	1.0501	0.427	1.478	0.448	1.552
17	0.728	0.762	0.203	0.9551	1.0470	0.445	1.465	0.466	1.534
18	0.707	0.738	0.194	0.9576	1.0442	0.461	1.454	0.482	1.518
19	0.688	0.717	0.187	0.9599	1.0418	0.477	1.443	0.497	1.503
20	0.671	0.679	0.180	0.9619	1.0396	0.491	1.433	0.510	1.490
21	0.655	0.679	0.173	0.9638	1.0376	0.504	1.424	0.523	1.477
22	0.640	0.662	0.167	0.9655	1.0358	0.516	1.415	0.534	1.466
23	0.626	0.647	0.162	0.9670	1.0342	0.527	1.407	0.545	1.455
24	0.612	0.632	0.157	0.9684	1.0327	0.538	1.399	0.555	1.445
25	0.600	0.619	0.153	0.9696	1.0313	0.548	1.392	0.565	1.435

Fuente: Libro Control Estadístico de Calidad: Douglas C. Montgomery

TABLA N° 04: CONSTANTES PARA LÍMITES DE CONTROL DEL RANGO

N° de observaciones	Carta para rangos						
	Factores para línea central		Factores para límites de control				
	d_2	$\frac{1}{d_2}$	d_3	D_1	D_2	D_3	D_4
2	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.575
4	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.115
6	2.543	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	2.704	0.3698	0.833	0.205	5.203	0.076	1.924
8	2.847	0.3512	0.820	0.387	5.307	0.136	1.864
9	2.970	0.3367	0.808	0.546	5.394	0.184	1.816
10	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	3.173	0.3152	0.787	0.812	5.534	0.256	1.744
12	3.258	0.3069	0.778	0.924	5.592	0.284	1.717
13	3.336	0.2998	0.770	1.026	5.646	0.308	1.693
14	3.407	0.2935	0.762	1.121	5.693	0.329	1.672
15	3.472	0.2880	0.755	1.207	5.737	0.348	1.653
16	3.532	0.2831	0.749	1.285	5.779	0.364	1.637
17	3.588	0.2787	0.743	1.359	5.817	0.379	1.622
18	3.640	0.2747	0.738	1.426	5.854	0.392	1.608
19	3.689	0.2711	0.733	1.490	5.888	0.404	1.597
20	3.735	0.2677	0.729	1.548	5.922	0.414	1.585
21	3.778	0.2647	0.724	1.606	5.950	0.425	1.575
22	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.560
23	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.452	1.548
25	3.931	0.2544	0.709	1.804	6.058	0.459	1.541

Fuente: Libro Control Estadístico de Calidad: Douglas C. Montgomery

Mapa N° 01: croquis de la planta de tratamiento seda Juliaca



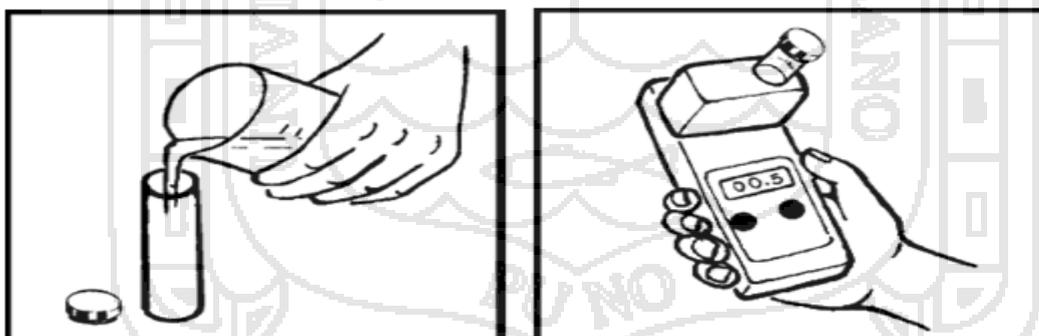
Fuente: <https://www.google.com.pe/maps/place/Juliaca/data>.

Figura N° 01: Muestra de cloro residual con Colorimetro



FUENTE: <https://www.google.com.pe/colorimetro>

Figura N° 02: muestra de turbiedad con turbidimetro



Fuente: <https://www.google.com.pe/search?q=turbidimetro&>