Capítulo I: Introducción

* Introducción. Agua como recurso limitado. Problema de los sistemas críticos. Problema del agua como sistema crítico a través de sistemas de sistemas/ciudades inteligentes. Presentación del problema (se dice qué hacer, pero no cómo).
* Antecedentes
* Planteamiento del Problema
* Justificación
* Objetivos
* Metodología

Esta propuesta adopta la metodología de investigación holística, por lo tanto, aunque existan múltiples enfoques de percibir un sistema (mediante herramientas para observar, conocer y entender lo percibido cualitativamente y cuantitativamente), estos más que pensamientos contrarios, se consideran complementarios. De esta forma, en esta propuesta se entiende que la investigación es un proceso continuo y organizado el cual pretende conocer algún evento (característica, proceso o situación) y obtener respuestas a una necesidad (Hurtado, 2012).

Método inductivo

Se vale del uso del razonamiento para generar conclusiones acertadas sobre un evento, partiendo de hechos aceptados como válidos, para llegar a conclusiones, cuya aplicación sea de carácter general, iniciándose con un estudio individual de los hechos. Como resultado de su ejecución, se formulan conclusiones universales que se postulan como leyes, principios o fundamentos de una teoría. Pueden distinguirse cuatro pasos esenciales:

Observación de eventos y fenómenos, para su registro y consideración

Clasificación y estudio de la información obtenida, a fin facilitar el análisis.

La derivación inductiva, que a partir de los hechos unifica las ideas sueltas, resultando en una generación de nuevos paradigmas.

Contrastación, o comparación del resultado de los análisis.

* Estructura del Documento

Capítulo II: Marco Teórico

* Ciudades Inteligentes
* Industria 4.0
  + SCF
  + IIoT
  + Manufactura Inteligente
  + Analítica de datos
* I4.0: Gemelo Digital
* Planteamiento del gemelo digital en manufactura
* Proceso de cómo construir un Gemelo Digital
* Modelo de conocimiento
* Modelo formal híbrido
* Sistemas holónicos (Visión del proyecto)
* WSS (Sistemas de suministro de agua potable) hacia la I4.0
* Visión: A partir del concepto de I4.0, y de procesos industriales (CSF), se plantea (como referencia) una solución desde el punto de vista holónico, teniendo la información para tomar decisiones.

Capítulo III: Caso de Estudio

* Plantear el proceso como modelos UHP
* ¿Cómo simular el comportamiento UHP \*\*
* Caso de estudio:
  + Hidrológicas
  + Descripción de la potabilización
  + Descripción del Modelo Híbrido
  + Condiciones de Operación
  + Propuesta de supervisor y coordinador (Condiciones)

Capítulo IV: Implementación

* Epanet
* MATLAB
* ¿Cómo hacer la simulación híbrida o partida? \*\*
* Simulación

Conclusiones y Recomendaciones

Determinar los modelos de comportamiento de la unidad de potabilización (Modelo de comportamiento del proceso, flujo del producto y recursos).

Establecer las condiciones de conmutación de los modelos obtenidos desde el punto de vista de sistemas a eventos discretos.

Generar el modelo de comportamiento desde el punto de vista de los sistemas híbridos.

Implementar el modelo de comportamiento de la unidad de potabilización en un ambiente de simulación.

Establecer condiciones para generar el gemelo digital e incorporarlas al ambiente de simulación.

Desinfección: Eliminación de microorganismos presentes en el agua y obtener agua apta para el consumo humano

Turbidez

Se debe a partículas que estando en suspensión, como los coloides, le dan al líquido la capacidad de dispersar la luz. Por ejemplo, tierras finamente divididas.

Como puede deducirse, la calidad intrínseca de los cuerpos de agua es el factor a partir del cual se derivan los demás aspectos implicados, entre ellos el tren de potabilización que se aplicará al agua de la fuente de suministro (subterráneo y superficial). [29]

Actualmente, la tendencia es instrumentar y tener cada día más control en las plantas potabilizadoras. Por ello, se incluye este apartado que contiene aspectos de interés práctico para los organismos operadores. Entre los parámetros que pueden ser monitoreados en línea y tiempo real se encuentra el cloro residual, el pH, los sólidos suspendidos, la turbiedad y algunos iones específicos como los nitratos y nitritos. [29]

[29] como se mide el cloro

Gradiente de velocidad con paletas (características de diseño) [29] p.118

Condiciones de operación y equipo: [29]

La coagulación floculación es sensible a muchas variables como la naturaleza de la turbiedad, tipo y dosis del coagulante, pH del agua, composición química de la misma y condiciones de mezclado. De todas, las que se pueden controlar en la práctica son cantidad y tipo tanto de coagulante como del floculante y condiciones de mezclado.

Valores para parshall [36] p62

Metodología de Mantenimiento [40] p20 sedim. P25 filtro

Valores finales de calidad de agua ficha-sobre-

Mantenimiento: Preventivo, Correctivo, Predictivo ([https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\_del\_agua/operacion\_potabilizacion/index.html#](https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html))

Filtros: El tiempo de lavado del filtro se determina cuando se tiene una pérdida de carga predeterminada, cuando la turbiedad del efluente es mayor de 5 UNT o cuando se cumplen unas horas de trabajo determinadas.

Turbiedad del efluente.

Está regulada por el decreto 2105 de julio 26 de 1.983 del Ministerio de Salud, el cual debe consultar en el Anexo No. 1. Queda a criterio del operador de la planta, suministrar el agua por encima de los valores estipulados en el Decreto, en caso de emergencia, porque es preferible suministrarla con un bajo nivel de potabilización, con la debida advertencia a la población, que no suministrarla.

Lavado de filtros

La cantidad utilizada de agua de lavado está comprendida entre el 1.0% y 2.5% del agua filtrada y se calcula así:

• Cantidad de agua gastada en lavado x 100

• Cantidades de agua filtrada

Una cantidad mayor puede ser síntoma de una anomalía en el tratamiento o lecho del filtro.

|  |  |
| --- | --- |
| Representación | Elemento |
|  | Nodos |
|  | Embalses |
|  | Tanques |
|  | Tuberías |
|  | Válvulas |

ARREGLAR

Unidad de sedimentación.

Para realizar el mantenimiento de rutina se apertura la compuerta de descarga de lodos, hasta que el nivel de agua baje 30 cm. Durante el mantenimiento la unidad queda fuera de operación por un periodo de tiempo de aproximadamente TANTOS MINUTOS, con caudal de entrada 300 L/s (caso de estudio), contando el tiempo que tarda en volver al nivel de operación una vez cerrada la compuerta de descarga. En mantenimientos profundos, realizados cada 2 meses en sequía y mensual en tiempos de lluvia, se debe proceder de la siguiente manera:

Arreglar la tabla de operación, agregar los químicos en degradado. Y las mediciones en falla

Interacción de Unidades

En la figura TAL se presenta el comportamiento de las unidades seleccionadas, coagulación y sedimentación, la adición de coagulante y el tiempo de mantenimiento de los tanques. Falta el grafico de coagulación

Modelo unidad de coagulación

Los modelos discretos que se utilizaron para la unidad de coagulación describen la evolución posible en la turbidez de agua cruda (\ref FIGURA TAL) y la decisión de dosificación de coagulante dependiente de dicha turbidez (\ref FIGURA TAL); la composición de ambos modelos arroja el estado de la unidad según el flujo de producto. Se toman en cuenta las condiciones operativas descritas en TAL LADO.

Cabe que en las plantas de tratamiento del estado Mérida, se adiciona sulfato de aluminio al proceso solo cuando la turbidez supera los 12 NTU.

Emulación del gemelo digital

Para el tercer escenario se supuso la entrada de agua con turbidez alta durante todo un día, esto para corroborar que en un caso dado el sedimentador cumpla con la descarga de lodos. Se utilizaron los datos superiores a $95 NTU$ de la planta real, tomados de los conjuntos de datos iniciales, debido a que ninguno de ellos que cumpla con las características de baja calidad de agua entrante durante un periodo prolongado.