

ANÁLISIS INTEGRADO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO, SANEAMIENTO Y RÍO RECEPTOR DEL MUNICIPIO DE VILLA VERDE

Lea atenta y detenidamente TODO el documento, en el cual se explican claramente los productos entregables.

OBJETIVO GENERAL

Aplicar los conocimientos adquiridos durante el curso para analizar información ambiental proveniente de campañas de monitoreo, utilizando herramientas de programación en Python. El trabajo debe permitir extraer patrones espaciales y temporales, interpretar resultados y comunicar hallazgos de manera clara y estructurada, en el contexto de los sistemas de abastecimiento, saneamiento y río receptor de un municipio intermedio.

CASO DE ESTUDIO

El municipio de “Villa Verde” (con 65.000 habitantes, aproximadamente) enfrenta desafíos crecientes en la gestión integral del recurso hídrico urbano debido a:

- Expansión urbana no planificada.
- Conexiones erradas en las redes de alcantarillado.
- Capacidad limitada de la PTAR municipal.
- Quejas recurrentes de la comunidad por la calidad del agua en algunos barrios.

Villa Verde se abastece del río La Cascada, donde se ubican:

- Una bocatoma y una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), que suministra agua a la zona urbana.
- Una red de distribución de agua potable con algunos nodos críticos por presunta baja calidad.
- Un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial que conduce las aguas residuales a la PTAR Villa Verde, antes de ser vertidas nuevamente al río.

Con el fin de evaluar la situación, la Oficina de Servicios Públicos, en conjunto con la Autoridad Ambiental Competente (AAC), desarrolló una campaña de monitoreo estructurada para analizar:

- La calidad del agua en la fuente de abastecimiento.
- La calidad del agua potable entregada a los usuarios.
- La calidad de las aguas residuales afluentes y efluentes de la PTAR.
- El impacto sobre el río La Cascada aguas abajo de la descarga.

Se realizaron cuatro (4) campañas de muestreo en condiciones hidrológicas distintas:

- C1: Temporada de lluvias I.
- C2: Transición lluvias–secas.
- C3: Temporada seca.
- C4: Temporada de lluvias II.

En cada campaña se muestrearon ocho (8) puntos estratégicos:

1. P1 – Río La Cascada aguas arriba de la captación (condición de referencia).
2. P2 – Bocatoma / aducción (agua cruda).
3. P3 – Salida de la PTAP (agua potable tratada).
4. P4 – Nodo crítico de la red de distribución (barrio con quejas).
5. P5 – Colector principal urbano (mezcla de aguas residuales domésticas).
6. P6 – Entrada PTAR.
7. P7 – Salida PTAR.
8. P8 – Río La Cascada aguas abajo de la descarga de la PTAR.

DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA

Se suministra una base de datos con la información de calidad del agua y variables hidrológicas/hidrometeorológicas recolectadas en los 8 puntos de monitoreo durante las 4 campañas (C1–C4).

Las variables analizadas incluyen (entre otras):

Variables de calidad de agua en fuente y río:

- pH (u. de pH)
- Oxígeno disuelto – OD (mg/L)
- Temperatura (°C)
- Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
- Turbiedad (NTU)
- Color aparente (Pt–Co)

Variables de calidad de agua potable:

- Turbiedad (NTU)
- Color aparente (Pt–Co)
- Coliformes totales (NMP/100 mL)
- Coliformes fecales (NMP/100 mL)

Variables de calidad de aguas residuales:

- DBO₅ (mg/L)
- DQO (mg/L)
- Sólidos suspendidos totales – SST (mg/L)
- Nitrógeno total (mg/L)
- Fósforo total (mg/L)
- Coliformes fecales (NMP/100 mL)

Variables hidrológicas e hidrometeorológicas:

- Caudal (L/s)
- Precipitación diaria acumulada (mm/día)

Adicionalmente, se suministran:

- Hoja con coordenadas de los puntos de monitoreo (X, Y) y su clasificación: Potable, Residual, Río.
- Hoja con los límites máximos permisibles (LMP) según tipo de uso:
 - Agua potable.
 - Agua residual descargada a cuerpo de agua.
 - Agua superficial (río receptor) en el tramo de estudio.

ACTIVIDADES PARA DESARROLLAR

El código desarrollado en Python, como propuesta de solución a las necesidades de la AAC y de la Oficina de Servicios Públicos de Villa Verde, debe cumplir operativamente con lo siguiente:

i. Lectura y organización de datos

- Leer e interpretar adecuadamente los archivos de entrada (.xlsx).
- Organizar los datos para facilitar su análisis por punto, variable, campaña y tipo de sistema (Potable, Residual, Río).
- Cualquier acción que implique organizar, filtrar o reestructurar los datos para su análisis se debe programar en y desde Python.
 - **No se permite** organizar los archivos desde Excel previa ejecución del código.
 -

ii. Estadística descriptiva

Estimar y organizar en archivos .xlsx los estadísticos básicos (como mínimo): Mínimo, Máximo, Promedio, Desviación estándar, para:

- a. Cada variable entre puntos de muestreo, diferenciando tipo de sistema (Potable, Residual, Río).
- b. Cada variable entre campañas para un mismo punto.

Importante:

- Los cálculos deben realizarse en Python.
- No se permite realizar los cálculos en Excel.
- Los resultados deben exportarse a un nuevo archivo (por ejemplo: Resultados_VillaVerde_GrupoX.xlsx).

iii. Análisis gráfico y exploración de tendencias espaciales y temporales

Diseñar gráficas (líneas, barras, dispersión, boxplots, histogramas, etc.) que permitan identificar:

- a. **Patrones espaciales** entre diferentes puntos de muestreo (P1–P8).
- b. **Patrones temporales** a lo largo de las campañas (C1–C4).

Se sugiere, como mínimo:

- Graficar para al menos **3 variables clave** de interés sanitario y ambiental (por ejemplo: Turbiedad, DBO₅, Coliformes fecales).
- Comparar:
 - Un punto de agua potable (P3 o P4).
 - Un punto de agua residual (P7).
 - El río La Cascada aguas arriba (P1) y aguas abajo (P8).

Se espera que las gráficas permitan responder, entre otras:

- ¿Qué variable presenta el mayor cambio?
- ¿Qué punto presenta condiciones más críticas?

Todas las figuras deben:

- Tener título, ejes, unidades y leyenda claros.
- Guardarse en formato .png con nombres de archivo coherentes (ej.: Fig_DBO5_Puntos_C3.png).

iv. Evaluación frente a Límites Máximos Permisibles (LMP)

Usando la información suministrada en la hoja de LMP:

- a. Incluir líneas horizontales en las gráficas para representar el LMP correspondiente a cada variable (cuando aplique).
- b. En el caso de variables con rango (por ejemplo pH), incluir líneas mínimas y máximas permisibles.
- c. Identificar y señalar en las gráficas los valores que exceden dichos límites.

El equipo debe:

- Determinar en qué puntos y campañas se superaron los LMP.
- Calcular, al menos, el porcentaje de no cumplimiento por punto y variable.
 - Identificar las variables y puntos más críticos en: Sistema de agua potable, Sistema de alcantarillado y PTAR, y Río La Cascada.

REPORTE TÉCNICO

A partir del análisis, entregar un documento en .pdf para dar respuesta a las siguientes preguntas orientadoras (no se limita solo a ellas):

1. ¿Qué puntos presentan mayor variabilidad a lo largo de las campañas?
2. ¿Qué conclusiones preliminares pueden obtenerse para priorizar acciones de intervención en:
 - El sistema de abastecimiento (PTAP, red).
 - El sistema de saneamiento (colectores, PTAR).
 - El río La Cascada

ASIGNACIÓN DE SUBCONJUNTOS DE VARIABLES POR GRUPO DE TRABAJO

Todos los grupos deberán analizar, además de su subconjunto asignado: Caudal y Precipitación.

No. de Grupo	Subconjunto	Variables específicas	Variables en común
Regiones: 1 y 2 Presencial: 1, 2 y 3	A	DBO ₅ , DQO, SST, N total, P total	Caudal y Precipitación
Regiones: 3 y 4 Presencial: 6 y 7	B	Turbiedad, Color aparente, Coliformes totales, Coliformes fecales,	Caudal y Precipitación
Regiones: 5 Presencial: 4 y 5	C	pH, OD, Temperatura, Conductividad	Caudal y Precipitación

ASPECTOS PARA TENER EN CUENTA

- ✓ Solo es válido utilizar los conceptos y/o librerías vistas durante el curso. Es válido usar funciones adicionales **dentro de las mismas librerías** vistas (por ejemplo, funciones adicionales de matplotlib o pandas) aunque no se hayan mostrado explícitamente en clase. Temas utilizados por fuera de lo visto en del curso no son aceptados como solución del Trabajo Final.
- ✓ El código en Python debe contener comentarios suficientes para su correcta lectura, interpretación y revisión por parte del docente.
- ✓ No seguir cada una de las indicaciones implica una rebaja en la nota.

- ✓ Todas las gráficas deben estar claramente identificadas y numeradas, con títulos y unidades. Es recomendable usar una **paleta consistente** de colores para cada tipo de sistema (Potable, Residual, Río).
- ✓ Suministrar todos los productos necesarios para ejecutar el algoritmo en Python en el computador del profe Mike.
- ✓ Tener en cuenta los límites en el eje Y. Todas las variables deben ser graficadas con los mismos límites permitiendo comparar adecuadamente el comportamiento.
- ✓ El algoritmo debe exportar las gráficas en .png con una resolución adecuada a la carpeta de trabajo

CONSIDERACIONES PARA LA ENTREGA FINAL

Fecha de entrega: miércoles 3 de diciembre hasta las 13:59:59, por correo electrónico

Evaluación del trabajo final

En la siguiente Tabla se presentan los porcentajes de evaluación para la nota final del Trabajo Final

Ítem de evaluación	Descripción	Porcentaje
Archivos entregables	Código en Python (50%)	60%
	Gráficas y archivos en Excel (30%)	
	Reporte Técnico (20%)	
Sustentación	Sustentación oral	40%

Fecha de sustentación

Grupo Presencial: miércoles 3 de diciembre, 18:00 en modalidad presencial (sala por confirmar)

Grupo Virtual: jueves 4 de diciembre a las 20:00 en modalidad virtual

Favor tener en cuenta:

- * Cada grupo contará hasta con 15 minutos para sustentar el código.
- * Al momento de presentar el código es indispensable que cada línea sea enumerada.
- * El profe Mike escogerá el (la) integrante del Grupo que realizará la presentación. Los demás integrantes del Grupo deben tener la capacidad de continuar la presentación y/o responder las preguntas.
- * Si el Grupo lo considera pertinente, puede preparar diapositivas.
- * Es indispensable cumplir con los tiempos.
- * El día anterior, el profesor enviará el orden de presentación. No obstante, TODOS deben llegar a la hora indicada.