



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE CIENCIAS / FACULTAD DE INGENIERÍA

INFORME FINAL

Efluentes Químicos

(2023-2026)

Gestión de Efluentes Químicos – Laboratorios
Docentes y de Investigación

EQUIPO RESPONSABLE

Profa. Clarimar A. Camacho Mora

Lic. M. Dugarte, Lic. M. Farfán, Profas. G. González y M.A. Rodríguez

Presentado ante el Ministerio del Poder Popular
para Ciencia y Tecnología (MINCIT)

MAYO 2026 | CARACAS, VENEZUELA



Contexto y relevancia del proyecto

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

| Informe Final 2026

▲ La Problemática actual

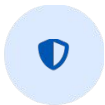
Históricamente, los laboratorios de la UCV han carecido de un sistema estructurado de gestión para los efluentes químicos peligrosos generados en docencia e investigación.

- Generación de volúmenes significativos de residuos líquidos peligrosos sin trazabilidad.
- Descargas directas al sistema de aguas residuales sin tratamiento previo.
- Riesgos ambientales, sanitarios y legales para la institución y su entorno.

⚖️ Respuesta EFLUQUIM

El proyecto financiado por FONACIT surge para transformar esta realidad mediante la implementación de procesos técnicos de separación y tratamiento.

- Diseño de rutas de transformación química hacia compuestos menos peligrosos.
- Recuperación de solventes y reactivos para promover la sostenibilidad.
- Alineación estricta con la normativa venezolana (Decreto 883).



Protección Ambiental

Evita la descarga de sustancias ecotóxicas en el ecosistema universitario.



Cumplimiento Legal

Garantiza la adecuación a los parámetros exigidos por el Decreto 883.



Sostenibilidad

Recupera valor agregado de efluentes mediante reutilización de solventes.



Cultura Académica

Fomenta la responsabilidad ambiental en estudiantes e investigadores.

Justificación e impacto institucional

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

| Informe Final 2026

¿Por qué es imperativo transformar la gestión de residuos químicos en la UCV bajo el modelo EFLUQUIM?



Protección ambiental

Mitigación del riesgo ecotóxico mediante la eliminación de vertidos directos al sistema de aguas residuales.

- ✓ Reducción de la carga química en efluentes cloacales urbanos.
- ✓ Prevención de contaminación de suelos y acuíferos locales.



Marco legal y ético

Alineación estricta con la normativa venezolana vigente para la descarga de aguas residuales.

- ✓ Cumplimiento del **Decreto 883** (Gaceta Oficial N° 5.021).
- ✓ Adopción de estándares internacionales ASTM e ISO 17025.



Sostenibilidad y ahorro

Implementación de procesos de economía circular para la recuperación de insumos de alto costo.

- ✓ Recuperación proyectada del 30% de solventes y reactivos.
- ✓ Optimización de presupuestos de docencia e investigación.



Cultura de responsabilidad

Fomento de una conciencia ambiental en la formación de futuros químicos e ingenieros.

- ✓ Prácticas de laboratorio seguras y ambientalmente conscientes.
- ✓ Modelo de gestión replicable a nivel nacional (MINCIT).

* Proyecto financiado por FONACIT - Alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 6, 9 y 12).

Objetivo general del proyecto



Diseñar procesos de **separación** para la disposición y **reutilización** de efluentes químicos, transformando la gestión actual en un sistema **ordenado, trazable y ambientalmente responsable**.



TRANSFORMACIÓN TÉCNICA

Implementación de rutas de tratamiento físico-químico para reducir la peligrosidad intrínseca de los residuos generados en docencia.



SOSTENIBILIDAD Y REÚSO

Recuperación de solventes y reactivos con valor agregado, fomentando la economía circular dentro de las Facultades de Ciencias e Ingeniería.



GOBERNANZA Y TRAZABILIDAD

Establecimiento de protocolos de registro y disposición final que garanticen el cumplimiento estricto del marco legal venezolano.

Objetivos específicos

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

| Informe Final 2026

META 01



Identificar

Realizar el levantamiento detallado de los efluentes generados en los laboratorios de investigación y docencia.

META 02



Clasificar

Categorizar los efluentes según su peligrosidad y composición físico-química bajo normas internacionales.

META 03



Diseñar Rutas

Establecer las rutas de transformación y reutilización hacia compuestos de menor peligrosidad y mayor valor.

META 04



Implementar

Ejecutar los procesos de separación diseñados para la recuperación de solventes y disposición final segura.

META 05



Estandarizar

Diseñar el procedimiento formal para la reutilización y disposición final de los efluentes institucionales.

El cumplimiento de estas metas garantiza una gestión integral que reduce el impacto ecotóxico y asegura el cumplimiento del Decreto 883 sobre aguas residuales en Venezuela.

Laboratorios gestionados y alcance

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

| Informe Final 2026

Alcance del Proyecto

El proyecto abarca unidades estratégicas de la **Facultad de Ciencias** y la **Facultad de Ingeniería**, integrando laboratorios con perfiles diversos de generación de residuos.

 Escuela de Química

08

 Escuela de Ingeniería Química

02

UNIDADES DE GESTIÓN ACTIVA **10 Laboratorios**

N°	LABORATORIO	CÓDIGO	ESCUELA / FACULTAD
01	Geoquímica II	GQ2	Química (Ciencias)
02	Química Orgánica II	QO2	Química (Ciencias)
03	Química Orgánica de Biólogos	QOB	Química (Ciencias)
04	Fisicoquímica	FQ	Química (Ciencias)
05	Geoquímica I	GQ1	Química (Ciencias)
06	Laboratorio FQ – Ingeniería Química	LFQIQ	Ing. Química (Ing.)
07	Química Orgánica I	QO1	Química (Ciencias)
08	Principios de Química	PQ	Química (Ciencias)
09	Química Analítica	QA	Química (Ciencias)
10	Laboratorio Instrumental	LI	Química (Ciencias)

Inventario general de efluentes por laboratorio

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

Informe Final 2026

ALCANCE

10

Laboratorios gestionados en las Escuelas de Química e Ingeniería Química.

IDENTIFICACIÓN

230

Efluentes individuales catalogados y caracterizados durante el período 2025-2026.

VOLUMEN

662.61 L

Volumen total de residuos líquidos peligrosos bajo gestión controlada.

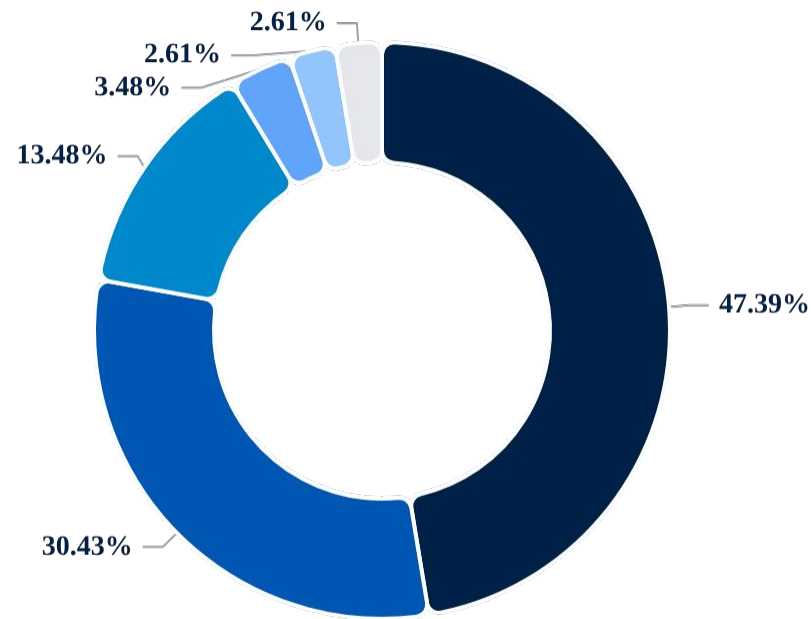
N°	LABORATORIO	CÓDIGO	ESCUELA	N° EFLUENTES	VOLUMEN (L)
01	Geoquímica II	GQ2	Química	20	18.75
02	Química Orgánica II	QO2	Química	23	24.39
03	Química Orgánica de Biólogos	QOB	Química	18	10.69
04	Fisicoquímica	FQ	Química	49	187.05
05	Geoquímica I	GQ1	Química	14	0.90
06	Lab. FQ – Ingeniería Química	LFQIQ	Ingeniería Qca.	12	5.57
07	Química Orgánica I	QO1	Química	15	12.68
08	Principios de Química	PQ	Química	58	391.58
09	Química Analítica	QA	Química	12	1.10
10	Lab. Instrumental	LI	Química	9	9.90
TOTALES ACUMULADOS				230	662.61

Categorización de peligrosidad

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

| Informe Final 2026

Distribución por Tipo de Peligrosidad



■ Corrosivo (H8) ■ Inflamable (H1/H3) ■ Oxidante (H5.1) ■ Tóxico (H6) ■ Ecotóxico (H10) ■ Otros



TOTAL EFLUENTES INVENTARIADOS

230 Recipientes

CÓDIGO	CATEGORÍA ONU	CANTIDAD	% TOTAL
H8	Corrosivo (ácidos y bases)	109	47.4%
H1/H3	Inflamable (solventes)	70	30.4%
H5.1	Oxidante (permanganatos)	31	13.5%
H6	Tóxico (metales pesados)	8	3.5%
H10	Gas Tóxico / ecotóxico	6	2.6%
-	Otros / no especificado	6	2.6%

Análisis de efluentes corrosivos (H8)

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

| Informe Final 2026

109

EFLUENTES CATEGORIZADOS

Representan el **47.4%** de la carga total inventariada en el proyecto.

Riesgo e impacto institucional

Los efluentes corrosivos constituyen la categoría de mayor volumen y frecuencia de generación en las prácticas docentes. Su manejo inadecuado provoca el deterioro acelerado de las redes cloacales internas y representa el riesgo primario de quemaduras químicas para el personal.

Se han identificado soluciones con pH extremos (< 2 y > 12) que contienen metales disueltos, lo que complica su disposición directa sin un pre-tratamiento de estabilización química.

Prioridad de Gestión: Alta

Volumen Crítico: Petroquímica

Normativa: Decreto 883

Estrategia de mitigación: neutralización controlada



Ruta obligatoria: Ajuste de pH al rango 6.0 – 9.0 mediante adición de agentes neutralizantes específicos antes de cualquier vertido o encapsulamiento.

EFICIENCIA
PROYECTADA

95%

Tipología química

Ácidos inorgánicos/orgánicos

Ácido Sulfúrico (H_2SO_4)

Ácido Clorhídrico (HCl)

Ácido Acético (CH_3COOH)

Ácido Fosfórico (H_3PO_4)

Bases y soluciones alcalinas

Hidróxido de Sodio (NaOH)

Hidróxido de Potasio (KOH)

Hidróxido de Amonio

(NH_4OH)

Mezclas Ácido-Base

Análisis de efluentes inflamables (H1/H3)

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

| Informe Final 2026



Resumen estadístico

70 Efluentes

Representan el **30.4% del total** de residuos inventariados, consolidándose como la segunda categoría de peligrosidad más frecuente en los laboratorios de Química e Ingeniería Química.

- ✓ Alta volatilidad y riesgo de incendio.
- ✓ Principalmente solventes de extracción y síntesis.



Principales Solventes Identificados

- | | |
|--------------------|--------------------|
| ▶ Etanol | ▶ Acetato de Etilo |
| ▶ Hexano | ▶ Metanol |
| ▶ Éter de Petróleo | ▶ Pentanol |
| ▶ Acetofenona | ▶ n-Butanol |

* Estos compuestos se presentan frecuentemente como mezclas binarias o ternarias resultantes de procesos de purificación cromatográfica y limpieza.

COMPUESTO CRÍTICO: DICLOROMETANO (CH_2CL_2)

Identificado en múltiples laboratorios. Aunque es menos inflamable que los hidrocarburos, su alta volatilidad y toxicidad requieren una segregación estricta y campanas de extracción funcionales.

Efluentes oxidantes y tóxicos (H5.1/H6)

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

| Caracterización y Protocolos de Manejo Específico

✳ Oxidantes (H5.1) – 13.5% del Total

Sustancias Clave: permanganato de potasio (KMnO_4), Dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), Nitratos metálicos y Peróxidos.

Riesgo Crítico: alta reactividad con solventes inflamables; riesgo de incendios y explosiones por contacto accidental.

Tratamiento: reducción química (ej. $\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{MnO}_2$) seguida de precipitación y neutralización de pH.

☠ Tóxicos (H6) – 3.5% del Total

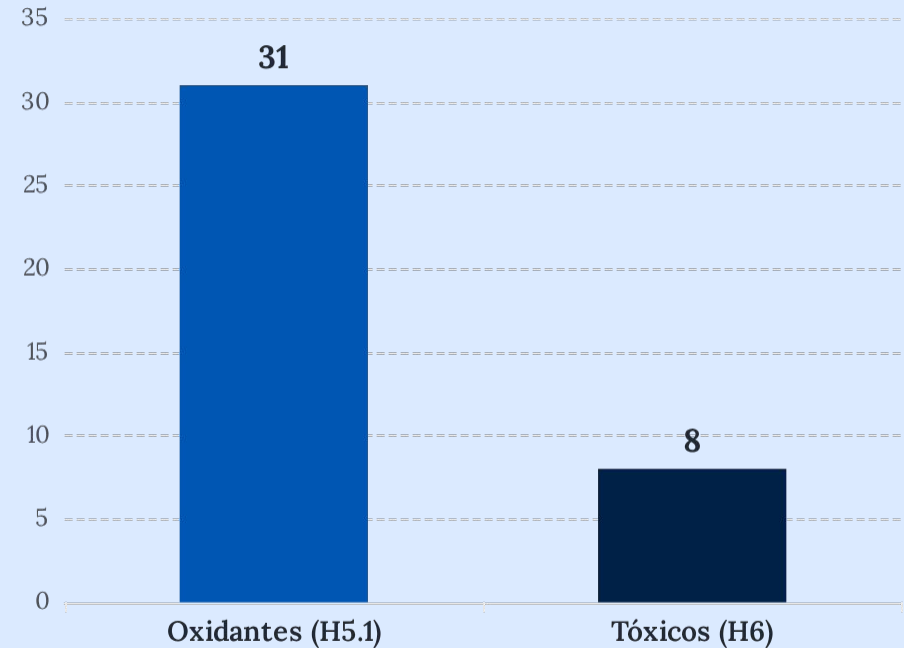
Compuestos Prioritarios: cromo Hexavalente (Cr VI), Manganeso (VII), Plomo, Plata, Fenoles y Piridina.

Impacto: elevada toxicidad acuática y potencial cancerígeno (Cr VI - Grupo 1 IARC). Superan límites del Decreto 883.

Tratamiento: precipitación selectiva de metales; Oxidación Fenton ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$) para degradación de fenoles.

Volumen de Efluentes por Categoría Crítica

Nº de Efluentes



Nota: Estas categorías concentran los contaminantes con mayor excedencia normativa detectada.

Efluentes ecotóxicos y gases tóxicos (H10)

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

| Informe Final 2026

Naturaleza del Riesgo Ambiental

La categoría **H10** agrupa sustancias con efectos adversos inmediatos o retardados en el medio acuático y la atmósfera, además de vapores altamente nocivos.

Volumen Identificado: 6 efluentes críticos (2.6% del inventario total), distribuidos principalmente en laboratorios de investigación avanzada.

Persistencia: alta estabilidad química, lo que dificulta su degradación natural y aumenta su potencial de bioacumulación.

Compuestos Clave Identificados

- ▶ **Tetracloruro de Carbono (CCl₄):** depletante de la capa de ozono y cancerígeno Grupo 2B (IARC). **CRÍTICO**
- ▶ **Organobromados y Organoyodados:** haluros orgánicos de alta toxicidad acuática residual.
- ▶ **Amoníaco en Solución:** gas corrosivo y tóxico con impacto severo en ecosistemas dulceacuícolas.

Impacto Normativo: Decreto 883

Evaluación de la carga contaminante en relación con los límites máximos permitidos para descarga en redes cloacales:

31.880 Excedencia del límite para **Organoclorados**
× (1594 mg/L detectados vs. 0.05 mg/L permitido)

"Esta magnitud de excedencia representa la mayor amenaza ambiental directa identificada en el proyecto, exigiendo la suspensión inmediata de cualquier descarga in-situ."

Protocolo de Gestión Prioritaria

Eliminación Externa: el CCl₄ y organoclorados no permiten tratamiento in-situ; requieren disposición por empresa certificada.

Tratamiento de Haluros: conversión a sales de haluro mediante reacción controlada con Na₂S antes de la precipitación.

Seguridad Operativa: uso obligatorio de campana de extracción y EPP nivel 3 en todo momento de manipulación.

Identificación de compuestos cancerígenos



Se han detectado 14 efluentes con sustancias clasificadas por la IARC con riesgo cancerígeno, representando una prioridad crítica de seguridad y salud ocupacional.



Cromo hexavalente (Cr VI)

GRUPO 1 IARC

Presente en efluentes oxidantes ($K_2Cr_2O_7$) utilizados en laboratorios de análisis y fisicoquímica.

RIESGOS A LA SALUD

- Carcinógeno humano confirmado (pulmón).
- Daño renal crónico y toxicidad sistémica.
- Irritación severa y úlceras cutáneas.

Origen: Lab. Fisicoquímica / Oxidantes



Tetracloruro de carbono

GRUPO 2B IARC

Solvente organoclorado (CCl_4) detectado en laboratorios de investigación y geoquímica.

RIESGOS A LA SALUD

- Posible carcinógeno en humanos.
- Alta hepatotoxicidad (daño al hígado).
- Depletante de la capa de ozono (ecotóxico).

Origen: Lab. Orgánica II / Geoquímica



Benceno y derivados

GRUPO 1 IARC

Identificado como trazas en mezclas complejas de solventes inflamables y residuos de destilación.

RIESGOS A LA SALUD

- Leucemia y trastornos hematológicos.
- Toxicidad en la médula ósea.
- Daño cromosómico en exposición crónica.

Origen: Mezclas de Inflamables (H1/H3)



Estos compuestos requieren **eliminación externa por empresa certificada**. No se permite tratamiento in-situ convencional.

14 Efluentes Críticos Identificados

Diagnóstico normativo: Decreto 883

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

Informe Final 2026

La evaluación del impacto ambiental de los laboratorios se rige por el marco legal venezolano vigente, específicamente en lo relativo a vertidos en redes cloacales.

Decreto Ejecutivo N° 883

"Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos". Regula las concentraciones máximas permitidas para evitar daños a la infraestructura cloacal y ecosistemas receptores.

CUMPLIMIENTO ACTUAL PRELIMINAR

< 20%

Fracción de efluentes que cumplen la norma sin tratamiento previo.

Parámetro Crítico	Conc. Media (mg/L)	Límite Cloacal (mg/L)	Factor de Excedencia
Organoclorados	1.594,00	0,05	31.880×Crítico / Muy Alto
Manganeso (Mn)	6.989,00	10,00	~700×Elevada toxicidad
Plata (Ag+)	13,50	0,10	135×Recuperable
Hierro (Fe3+)	130,00	25,00	5,2×Moderado
Fenoles	> 0,50	0,50	ExcedidoEcotóxico

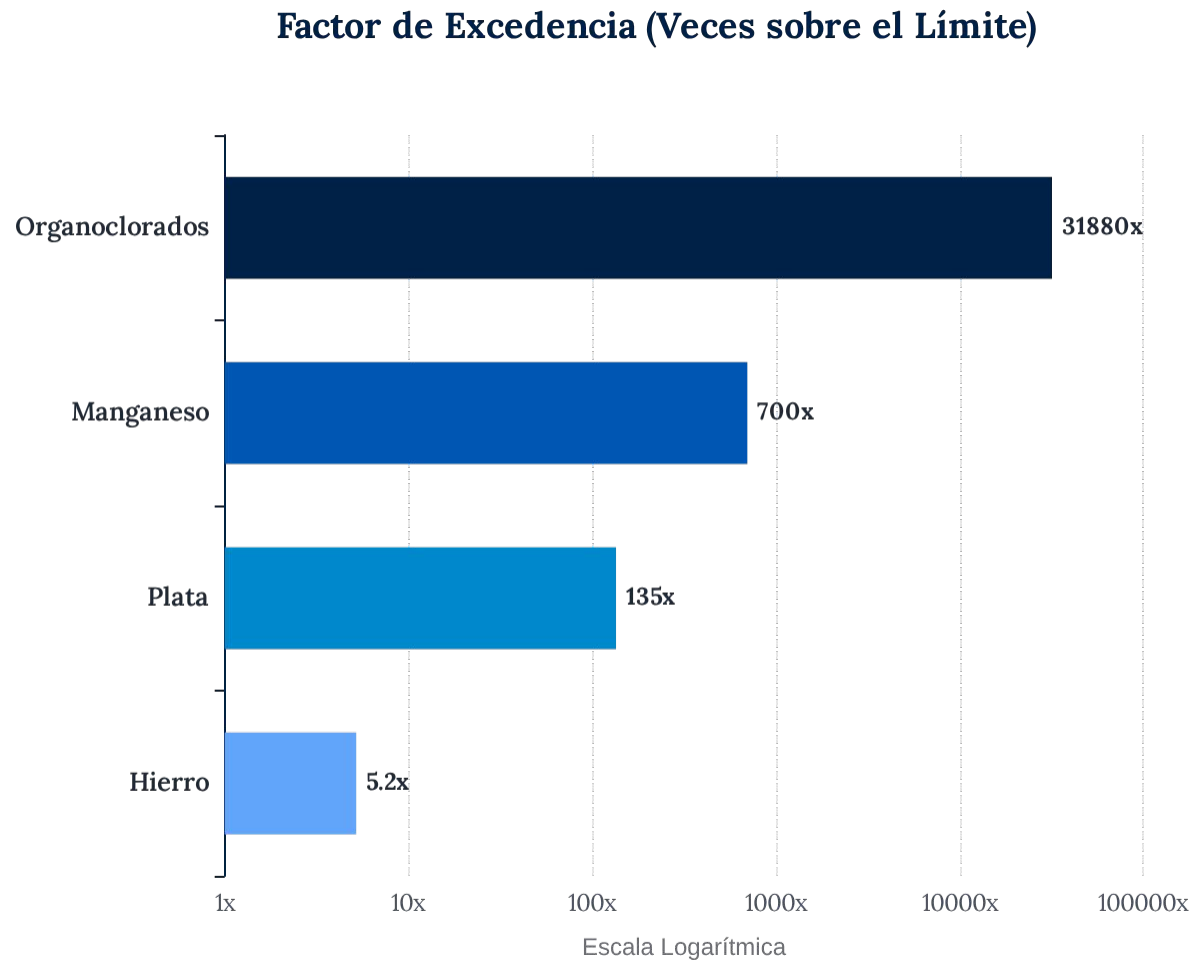
* Datos basados en el inventario consolidado 2025-2026. Las excedencias indican la magnitud del riesgo ambiental antes de la implementación de las rutas de tratamiento EFLUQUIM.

Excedencias críticas de contaminantes

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

Diagnóstico Normativo: Decreto 883 (Redes Cloacales)

CONTAMINANTE	LÍMITE 883 (MG/L)	DETECTADO (MG/L)	EXCEDENCIA
Organoclorados	0.05	1594.0	31,880x
Manganeso	10.00	6989.0	700x
Plata	0.10	13.5	135x
Hierro (Fe)	25.00	130.0	5.2x
Fenoles	0.50	> 0.5	Excedido
Sulfatos	400.00	> 400.0	Al Límite



⚠ Los organoclorados superan el límite legal en más de 31,000 veces, representando un riesgo ecotóxico extremo y una violación crítica al Decreto 883.

Laboratorios con mayor generación por volumen

Principios de Química (PQ)

391.58 L

Representa el **59.1%** del volumen total. Principal generador de corrosivos y sales metálicas.

Fisicoquímica (FQ)

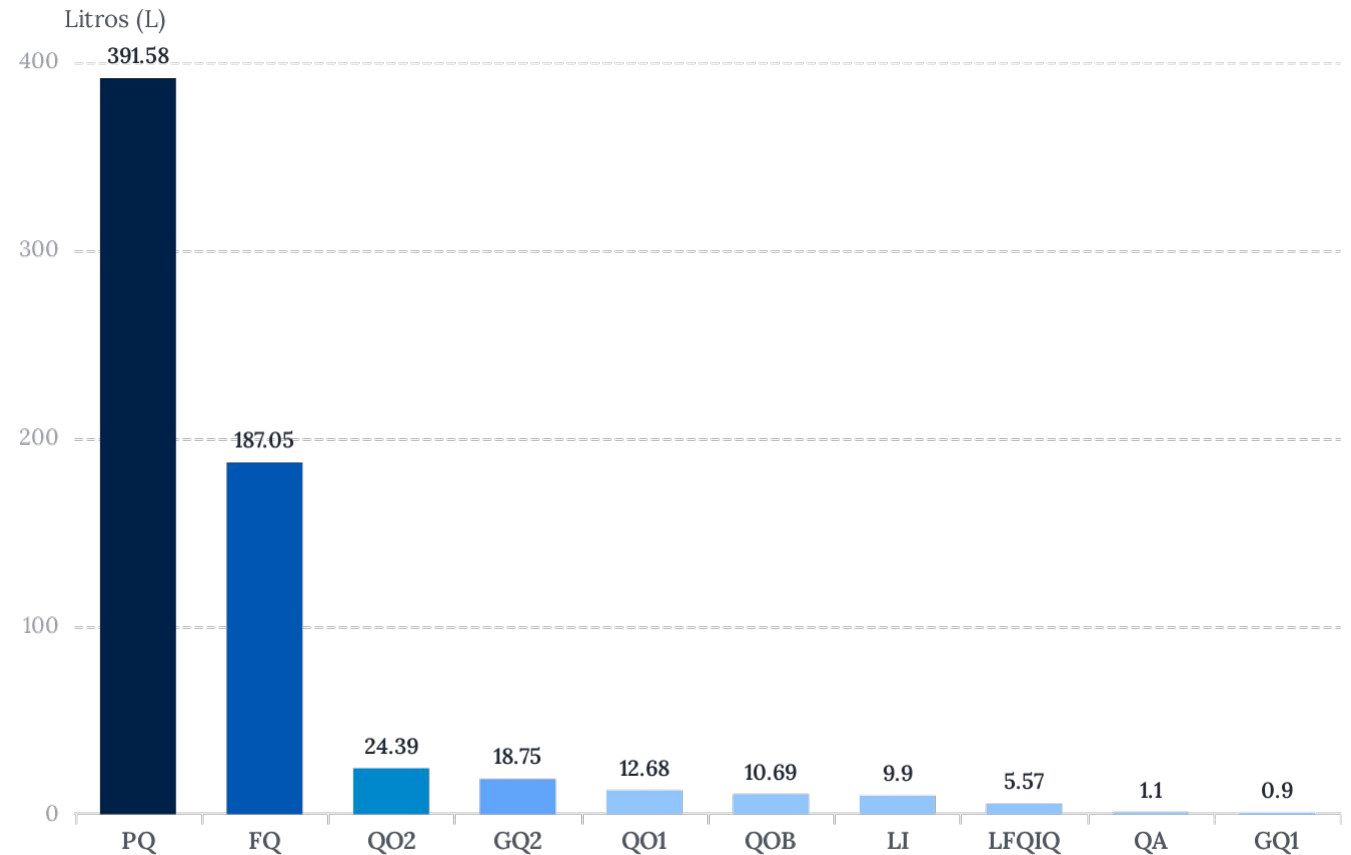
187.05 L

Representa el **28.2%** del volumen total. Mayor diversidad de efluentes inflamables y oxidantes.

⚠ Concentración Crítica

El **87.3%** (578.63 L) de la carga contaminante acumulada se concentra en solo 2 laboratorios. Los esfuerzos de inversión en equipos de tratamiento deben priorizar estos espacios.

Distribución de Volumen por Laboratorio (Litros)



Metodología del índice de peligrosidad ponderado (IPP)

Fundamento del Cálculo

El **Índice de Peligrosidad Ponderado (IPP)** es una métrica multidimensional diseñada para jerarquizar el riesgo de los laboratorios. A diferencia del volumen total, el IPP considera que la peligrosidad intrínseca de los compuestos (toxicidad, carcinogenicidad) debe tener un peso superior en la gestión.

$$IPP = \sum (N_i \times F_i)$$

Donde: N_i = N° de efluentes en la categoría i | F_i = Factor de riesgo asignado

- **Normalización:** permite comparar laboratorios de docencia (alto volumen) con laboratorios de investigación (baja cantidad pero alta toxicidad).
- **Priorización:** los factores reflejan el costo y la complejidad del tratamiento y la disposición final certificada.

Ponderación por Categoría ONU

Categoría de Riesgo	Código H	Factor (F_i)
Corrosivo	H8	1.0
Oxidante	H5.1	1.2
Inflamable	H1 / H3	1.5
Gas / Ecotóxico	H10	2.0
Tóxico / Cancerígeno	H6	2.5

*Nota: Los factores de ponderación se basan en criterios de ecotoxicidad acuática, persistencia ambiental y riesgo para la salud humana según normas internacionales.

Ranking de riesgo por laboratorio

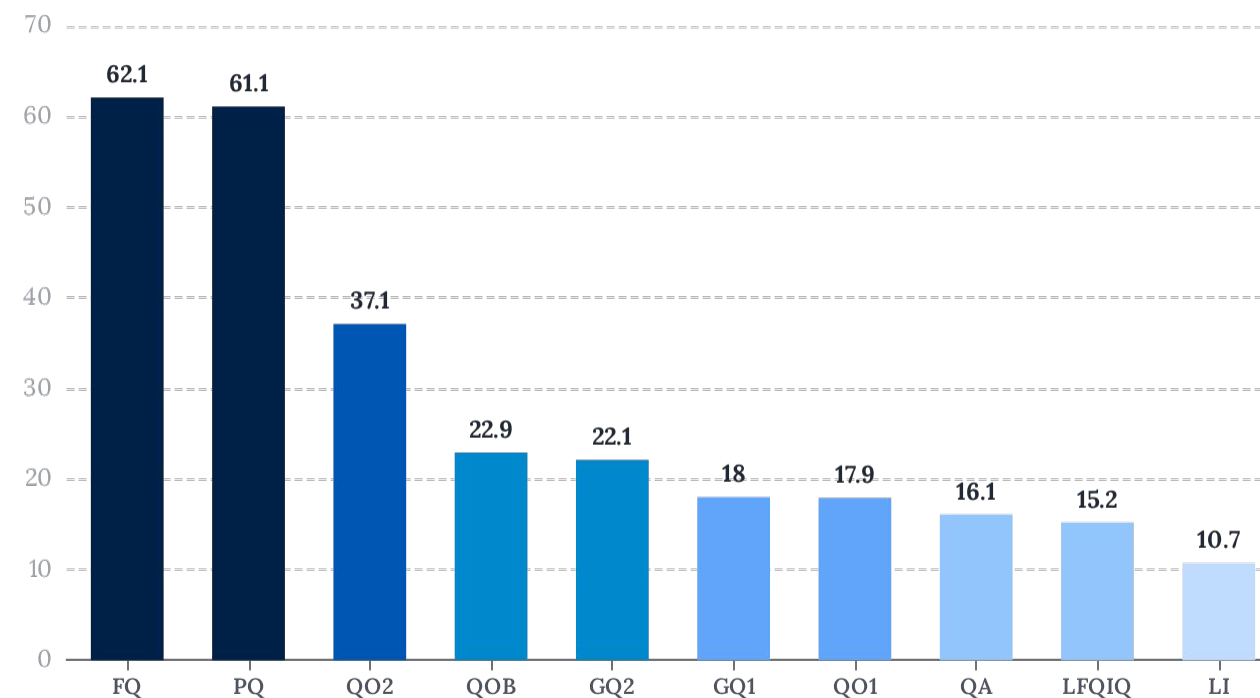
EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

Clasificación de Peligrosidad según IPP

#	LABORATORIO	IPP	RIESGO
1°	Fisicoquímica (FQ)	62.1	ALTO
2°	Principios de Química (PQ)	61.1	ALTO
3°	Química Orgánica II (QO2)	37.1	MEDIO-ALTO
4°	Qca. Org. Biólogos (QOB)	22.9	MODERADO
5°	Geoquímica II (GQ2)	22.1	MODERADO
6°	Geoquímica I (GQ1)	18.0	MODERADO
7°	Química Orgánica I (QO1)	17.9	MODERADO
8°	Química Analítica (QA)	16.1	BAJO-MOD.
9°	FQ - Ing. Química (LFQIQ)	15.2	BAJO-MOD.
10°	Lab. Instrumental (LI)	10.7	BAJO

Índice de Peligrosidad Ponderado (IPP)

Puntos IPP



Ponderación del IPP: Corrosivo (1.0) | Inflamable (1.5) | Oxidante (1.2) | Tóxico (2.5) | Ecotóxico (2.0). El nivel de riesgo integra diversidad química y peligrosidad intrínseca.

Indicadores clave de desempeño (KPIs) globales

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

| Informe Final 2026

100%

COBERTURA DE
LABORATORIOS

230

EFLUENTES
CATALOGADOS





662.6

LITROS
GESTIONADOS

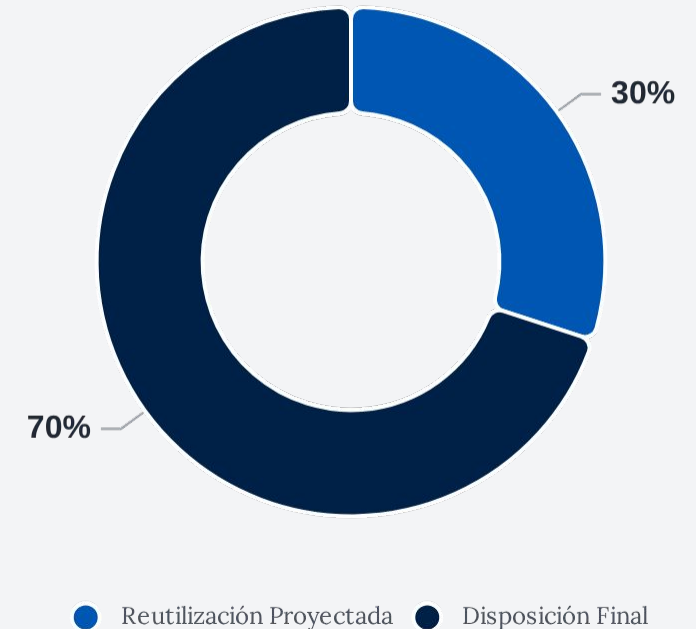
>85%

REDUCCIÓN DE
RIESGO

Eficiencia Operativa y Normativa

-  >75% de los efluentes cuentan con una **ruta de tratamiento específica** definida (neutralización, destilación o reducción).
-  Solo el <20% de los efluentes cumplía originalmente con el **Decreto 883** sin tratamiento previo.
-  Se identificaron **14 efluentes críticos** (cancerígenos o altamente tóxicos) que requieren gestión prioritaria y disposición certificada.
-  Los laboratorios **PQ y FQ** concentran el **87.3%** de la carga volumétrica total del proyecto.

Proyección de Destino Final



KPIs por objetivos específicos

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

| Informe Final 2026



OE1 – Identificación Técnica

Levantamiento físico e inventario detallado de recipientes en los 10 laboratorios objetivo.

COMPLETADO

230/230 Efluentes (100%)



OE2 – Clasificación de Peligrosidad

Asignación de códigos ONU (H) y criterios de incompatibilidad química según normativa.

COMPLETADO

100% Catalogado



OE3 – Rutas de Transformación

Diseño técnico de procesos de neutralización, destilación y precipitación para efluentes.

COMPLETADO

>75% Rutas Definidas



OE4 – Implementación de Procesos

Ejecución de fases piloto de separación y reutilización en los laboratorios FQ y PQ.

COMPLETADO

Semestre 2026-I



OE5 – Procedimientos y Guías

Formalización de manuales de segregación, disposición final y registros de trazabilidad.

COMPLETADO

Fase Documental

● Meta Alcanzada

● Actividad en Curso (Piloto)

● Desarrollo de Protocolos

*Datos actualizados al 26-05-2026

Ruta general de tratamiento y recuperación

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

Informe Final 2026



~30%

Reutilización y Recuperación



~70%

Disposición Final Controlada



>85%

Reducción de Riesgo Proyectada

Procesos para efluentes corrosivos e inflamables

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

| Informe Final 2026



Efluentes corrosivos (H8)

109 efluentes | ~55% del total

1. Neutralización primaria

Ajuste sistemático del pH hasta alcanzar el rango de seguridad (6.0 – 9.0) mediante agentes neutralizantes específicos.

2. Estabilización y control

Verificación de conductividad y presencia de metales disueltos tras la reacción exotérmica controlada.

3. Disposición cloacal

Descarga supervisada a la red de aguas residuales únicamente si cumple con los parámetros del Decreto 883.

Ácidos Fuertes

Bases

pH 6-9

Conductividad

i La neutralización in-situ reduce el riesgo de corrosión en tuberías y cumple con la normativa de descargas líquidas.



Efluentes inflamables (H1/H3)

70 efluentes | Solventes orgánicos

1. Destilación / rotaevaporación

Separación física de solventes mediante control de presión y temperatura para máxima pureza.

2. Recuperación de fracciones

Obtención de solventes de alta calidad: Etanol (>95%), Acetato de Etilo, Hexano y Metanol.

3. Ciclo de reutilización

Retorno a laboratorios para limpieza de material de vidrio y prácticas de docencia de pregrado.

~30%

REUTILIZACIÓN PROYECTADA

>95%

PUREZA DE ETANOL

Rotaevaporación

Sostenibilidad

Ahorro

Reuso

♻️ La recuperación de solventes reduce la compra de reactivos nuevos y minimiza el volumen de residuos peligrosos externos.

Tratamiento de oxidantes y sustancias tóxicas

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

| Informe Final 2026



Oxidantes (H5.1) – 31 Efluentes

REDUCCIÓN QUÍMICA

Ruta del Manganeso y Cromo

Permanganatos: Reducción de KMnO_4 a MnO_2 (precipitado pardo) mediante agentes reductores en medio controlado.

Dicromatos: Transformación de **Cr VI** (cancerígeno) a **Cr III** utilizando Sulfato Ferroso (Fe^{2+}) o Bisulfito de Sodio.

ESTABILIZACIÓN

Nitratos y Sales Metálicas

Precipitación Selectiva: Conversión de nitratos solubles en sales insolubles mediante ajuste de pH y adición de contra-iones específicos.

Neutralización Final: Ajuste de pH entre 6.0 y 9.0 post-precipitación para cumplir con los estándares de descarga del Decreto 883.



Tóxicos (H6) – 8 Efluentes

RECUPERACIÓN DE METALES

Metales Pesados Críticos

Plata y Plomo: Recuperación mediante precipitación fraccionada como cloruros o sulfuros insolubles para posterior disposición segura.

Cobre y Níquel: Formación de hidróxidos metálicos M(OH)_x mediante control riguroso de la curva de solubilidad/pH.

OXIDACIÓN AVANZADA

Fenoles y Compuestos Orgánicos

Reactivo de Fenton: Uso de H_2O_2 / Fe^{2+} para la degradación de anillos fenólicos y mineralización parcial de la carga orgánica.

Compuestos Nitrogenados: Oxidación asistida o encapsulamiento en matrices inertes para efluentes con alta toxicidad persistente.

⚠ Nota: Efluentes H10 (Organoclorados) requieren disposición externa certificada.

Destinos finales y reutilización

♻️ Reutilización (potencial 30%)

- Recuperación de solventes de alta pureza (Etanol, Acetato de Etilo).
- Sólidos recristalizados para prácticas de Química General e Inorgánica.
- Uso de mezclas recuperadas para limpieza de material y repelentes.
- Transferencia de reactivos entre laboratorios (PQ → QO1/QO2).

Impacto: Ahorro en adquisición de reactivos

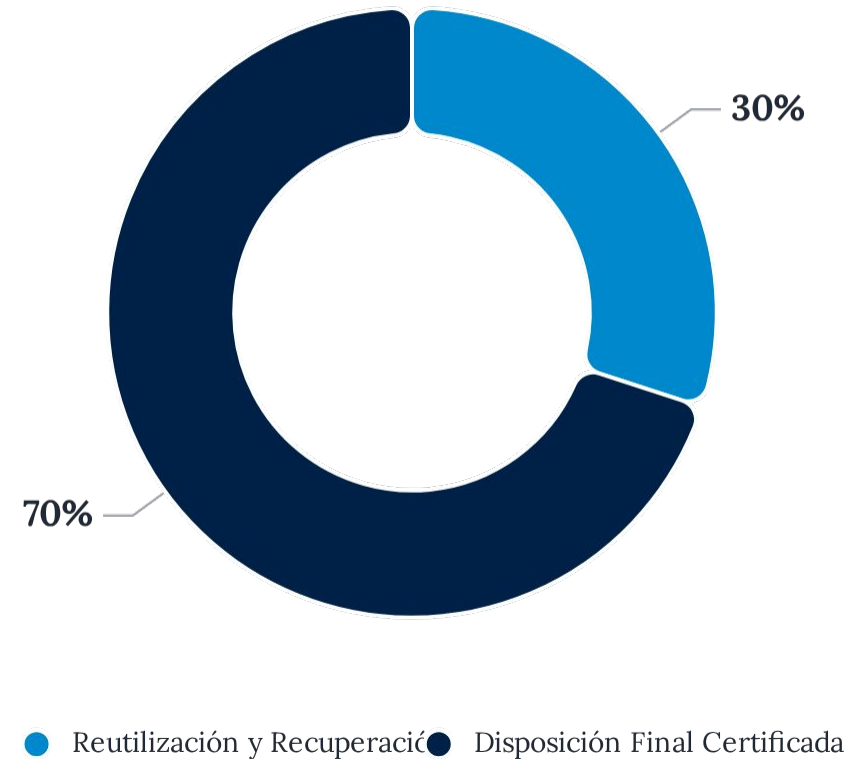
🗑️ Disposición final (70%)

- Descarga controlada de efluentes neutralizados (Decreto 883).
- Gestión externa certificada para organoclorados y cancerígenos.
- Encapsulamiento de lodos metálicos post-precipitación.
- Eliminación prioritaria de Cromo VI y Tetracloruro de Carbono.

Impacto: Mitigación de riesgo ambiental crítico

Estrategia de Gestión de Efluentes

Distribución por Destino Final



* Proyección basada en el inventario 2025-2026 de 662.61 Litros totales gestionados.

Esquema general de segregación EFLUQUIM

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

| Principios fundamentales y reglas de seguridad química

Principios del Sistema



Identificación Inmediata

Etiquetado del efluente al finalizar cada práctica docente para evitar acumulaciones de mezclas desconocidas.



Clasificación Técnica

Asignación rigurosa del Código H (Peligrosidad ONU) según las fichas técnicas de seguridad del proyecto.



Trasvase Seguro

Uso obligatorio de campanas de extracción y equipos de protección personal (EPP) nivel 3 en cada movimiento.



Trazabilidad y Registro

Actualización semanal del inventario EFLUQUIM indicando volumen, pH y responsable de la generación.

Reglas de Incompatibilidad (No Mezclar)



Ácidos Fuertes

+

Bases Fuertes

REACCIÓN EXOTÉRMICA VIOLENTA



Oxidantes

+

Inflamables

RIESGO DE INCENDIO / EXPLOSIÓN



Organoclorados

+

Aminas

FORMACIÓN DE SUBPRODUCTOS TÓXICOS



Metales Pesados

+

Organoclorados

INTERFERENCIA EN RECUPERACIÓN

Flujo operativo de segregación por laboratorio

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

| Informe Final 2026

1 

Generación en Práctica

Identificación inmediata del efluente al finalizar el experimento docente o de investigación.

2 

Clasificación Técnica

Asignación de categoría de peligrosidad (H) por el docente según fichas de seguridad EFLUQUIM.

3 

Trasvase Inmediato

Transferencia al recipiente del color correspondiente en el mismo día de la práctica para evitar mezclas.

4 

Etiquetado Exhaustivo

Registro obligatorio de código, fecha, volumen, pH inicial y responsable en la etiqueta del contenedor.

5 

Almacenamiento Temporal

Ubicación en estantes o campana según compatibilidad química hasta completar el volumen de retiro.

6 

Registro e Inventario

Actualización semanal del Registro EFLUQUIM para trazabilidad de volúmenes acumulados por laboratorio.

7 

Ejecución de Tratamiento

Aplicación de la ruta asignada: neutralización, destilación, reducción química o precipitación.

8 

Control de Calidad

Verificación de parámetros post-tratamiento (pH 6-9, conductividad y ausencia de metales críticos).

9 

Disposición / Reúso

Descarga controlada si cumple Decreto 883 o trasvase al contenedor verde para reutilización académica.

 Este flujo garantiza el cumplimiento de la norma ISO 17025 y el Decreto 883 en todas las instalaciones de la Facultad de Ciencias e Ingeniería.

Resultados destacados: Casos FQ y PQ

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

| Informe Final 2026



Fisicoquímica (FQ)

187.05

LITROS

49

EFLUENTES

62.1

IPP (ALTO)

- ✓ **Recuperación de Solventes**
Implementación de Rotaevaporación en 11 efluentes críticos (Acetato de Etilo y Etanol).
- ✓ **Economía Circular**
Uso del solvente recuperado como repelente natural y agente de limpieza de material de vidrio.
- ✓ **Gestión de Oxidantes**
Reducción de 8 efluentes con Manganeso que excedían 700 veces el límite del Decreto 883.

★ Laboratorio con mayor diversidad de efluentes y el índice de peligrosidad más alto de la facultad.



Principios de Química (PQ)

391.58

LITROS

58

EFLUENTES

61.1

IPP (ALTO)

- ✓ **Gestión de Grandes Volúmenes**
Manejo eficiente del 59.1% del volumen total de efluentes del proyecto (predominio corrosivo).
- ✓ **Transferencia de Reactivos**
Reutilización activa de sales recristalizadas transferidas a los laboratorios de fisicoquímica.
- ✓ **Estabilización Química**
Neutralización masiva de 29 efluentes de sales metálicas en solución ácida fuerte.

★ Principal foco de inversión para equipos de destilación debido a su alta carga volumétrica semestral.

CONCENTRACIÓN DE IMPACTO (PQ + FQ)

87.3% del volumen total de la Facultad (578.63 L)

Conclusiones del proyecto

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

| Informe Final 2026



Cobertura Total del Inventario

Se logró el registro del **100% de los laboratorios** objetivo, catalogando 230 efluentes y un volumen total de 662.61 L de residuos químicos peligrosos.



Perfil de Peligrosidad Crítico

Dominancia de **Corrosivos (47.4%) e Inflamables (30.4%)**. Se detectaron 14 compuestos de manejo prioritario, incluyendo cancerígenos como Cromo VI y CCl4.



Concentración del Volumen

La carga se concentra en **Petroquímica y Físicoquímica (87.3% del volumen)**, permitiendo focalizar la inversión en equipos de tratamiento en estos nodos críticos.



Riesgo Normativo (D-883)

Excedencias críticas de hasta **31,880 veces el límite legal** para organoclorados, confirmando la urgencia de implementar el sistema de tratamiento diseñado.



Potencial de Reutilización

Aproximadamente el **30% de los efluentes** (principalmente solventes) poseen alto potencial de recuperación mediante destilación para ser reincorporados a las prácticas docentes.



Cumplimiento Estructurado

El proyecto establece una **ruta trazable y segura** de segregación y tratamiento, alineando a la UCV con normativas internacionales y el marco legal venezolano.



La gestión técnica de efluentes transforma un pasivo ambiental en una oportunidad de sostenibilidad, ahorro de reactivos y seguridad laboral para la Facultad de Ciencias e Ingeniería.

Recomendaciones y próximos pasos

EFLUQUIM: GESTIÓN DE EFLUENTES UCV

| Informe Final 2026

Tecnología y Equipamiento

Priorizar la inversión en equipos de recuperación para maximizar el impacto operativo.

- Adquisición de rotaevaporadores industriales para Principios de Química (PQ).
- Sistemas de destilación fraccionada para Físicoquímica (FQ).

Gestión Externa y Pasivos

Asegurar la disposición final de residuos de alta peligrosidad no tratables in-situ.

- Contratación de empresas certificadas para Organoclorados y Cr VI.
- Gestión prioritaria de compuestos cancerígenos identificados.

Capacitación y Formación

Consolidar la cultura de responsabilidad ambiental en el personal y estudiantado.

- Lanzamiento del módulo de formación para técnicos y docentes.
- Uso obligatorio del Registro EFLUQUIM en prácticas de pregrado.

Infraestructura de Segregación

Estandarizar el manejo físico de efluentes en el 100% de las áreas de docencia.

- Implementar el código de colores EFLUQUIM antes de 2026-II.
- Instalación de estaciones de trasvase con campanas de extracción.

Escalamiento Institucional

Extender el éxito del modelo piloto a toda la comunidad universitaria nacional.

- Integrar laboratorios de investigación al sistema.
- Proyectar el modelo EFLUQUIM como norma para otras facultades.

Sostenibilidad y Monitoreo

Garantizar la continuidad financiera y el cumplimiento de los indicadores clave.

- Solicitar fase de financiamiento MINCIT-FONACIT 2027.
- Actualización semestral de KPIs y reporte de ahorro por reúso.

La implementación de estas recomendaciones permitirá alcanzar una reducción de riesgo proyectada >85% y asegurar el cumplimiento estricto del Decreto 883 en la UCV.

**ACCIÓN INMEDIATA: SEMESTRE
2026-II**