



Sesión 002-001 — Fundamentos del diseño de laboratorios de alta contención

Instructor: Luis Linares

Curso: Diseño de Laboratorios de Alta Contención

Propósito del documento:

Este mapa de la clase está diseñado para ayudar a los participantes a navegar el contenido de la Sesión 002-001. Identifica las secciones conceptuales principales, los puntos clave y las transiciones lógicas de la sesión. Funciona como herramienta de orientación y estudio, y no sustituye la conferencia.

SECCIÓN 1 — Introducción: el laboratorio como sistema vivo

Enfoque principal: Establecer la idea fundamental de que un laboratorio de alta contención no es únicamente un edificio, sino un sistema vivo configurado por el diseño, los sistemas, los procedimientos y el comportamiento humano.

Puntos clave:

- Un laboratorio de contención depende tanto del comportamiento humano como de los sistemas técnicos.
- Las barreras físicas, los equipos, los procedimientos y la cultura de seguridad funcionan como un solo sistema.
- La falla de cualquiera de estos elementos debilita el sistema completo.
- La sesión sienta las bases conceptuales para entender la contención como protección integrada.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué es lo que realmente hace seguro a un laboratorio?
- ¿La seguridad se define por la infraestructura, el equipamiento o la cultura?

Señal de orientación: Introduce la pregunta central que acompañará todo el curso.

SECCIÓN 2 – Alcance y objetivos del curso

Enfoque principal: Clarificar el propósito, la estructura y el enfoque pedagógico del curso.

Puntos clave:

- El curso ofrece una visión integrada del diseño de laboratorios de alta contención, con énfasis en BSL-3.
- Los principios de bioseguridad se traducen en decisiones de diseño.
- El contenido se enmarca en contextos institucionales y operativos de América Latina.
- El curso enfatiza no solo qué hacer, sino por qué se toman las decisiones.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cómo se convierten los principios de bioseguridad en decisiones de diseño?
- ¿Por qué el diseño debe adaptarse a los contextos locales?

Señal de orientación: Alinea las expectativas del participante con los objetivos técnicos y conceptuales del curso.

SECCIÓN 3 – Estructura del curso y bloques temáticos

Enfoque principal: Presentar la organización interna del curso y la progresión de los temas.

Puntos clave:

- El curso se divide en dos partes principales.
- La primera parte aborda el contexto histórico, los fundamentos técnicos, los materiales y los controles de ingeniería.
- La segunda parte aborda el diseño centrado en las personas, el equilibrio regulatorio, la continuidad operativa y la sostenibilidad.
- Cada bloque demuestra cómo los conceptos se integran progresivamente.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Por qué la contención se analiza desde la historia hasta la sostenibilidad?
- ¿Cómo se conectan estos temas entre sí?

Señal de orientación: Proporciona un mapa de cómo se acumulan los conceptos a lo largo de las sesiones.

SECCIÓN 4 – Contexto histórico y origen de la contención biológica

Enfoque principal: Explicar por qué surge la contención biológica y cómo evoluciona históricamente.

Puntos clave:

- Los primeros laboratorios de contención se desarrollaron en Estados Unidos entre las décadas de 1940 y 1950.
- Instalaciones como Fort Detrick y Plum Island influyeron en las primeras estrategias de contención.
- La contención surge inicialmente vinculada a programas de defensa.
- Posteriormente se orienta hacia la salud pública y la investigación.
- Los brotes epidémicos refuerzan la necesidad de laboratorios más seguros.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Por qué se crearon los primeros laboratorios de contención?
- ¿Cómo influyeron los eventos históricos en los laboratorios actuales?

Señal de orientación: Conecta el diseño contemporáneo de contención con sus raíces históricas.

SECCIÓN 5 – De sistemas técnicos a protección integrada

Enfoque principal: Reforzar la contención como un sistema integrado y no como un conjunto aislado de componentes técnicos.

Puntos clave:

- La contención no se logra mediante un solo sistema o dispositivo.
- Las decisiones de diseño abarcan materiales, organización espacial y capacitación del personal.
- Todas las decisiones responden a un principio de protección integral.
- La protección se extiende a las personas, los animales, el ambiente y la integridad de la investigación.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Puede el equipamiento por sí solo garantizar la contención?
- ¿Cómo interactúan el diseño y la capacitación?

Señal de orientación: Marca la transición del contexto histórico al pensamiento sistémico.

SECCIÓN 6 – La planificación como base de la contención

Enfoque principal: Introducir la planificación como el factor más crítico para la seguridad y el desempeño del laboratorio.

Puntos clave:

- La planificación define los controles de acceso y la jerarquía espacial.
- El concepto de “caja dentro de la caja” aísla el laboratorio del entorno externo.
- La planificación respalda tanto la eficiencia energética como la bioseguridad.
- El diseño debe anticipar necesidades operativas y riesgos.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Por qué la contención debe planificarse antes del diseño técnico?
- ¿Qué ocurre cuando la planificación es insuficiente?

Señal de orientación: Posiciona la planificación como la base de todas las decisiones posteriores.

SECCIÓN 7 – Influencia de los SOP en el diseño y la contención

Enfoque principal: Explicar cómo los Procedimientos Operativos Estándar influyen directamente en el diseño del laboratorio.

Puntos clave:

- Los SOP determinan medidas de contención primaria como las cabinas de bioseguridad.
- Los flujos de trabajo influyen en la distribución espacial y la ubicación de equipos.
- Las actividades generadoras de aerosoles requieren estrategias específicas de contención.
- Los SOP definen los requerimientos de equipo de protección personal.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cómo influyen las prácticas de trabajo en el diseño espacial?
- ¿Pueden separarse los SOP de la arquitectura?

Señal de orientación: Vincula el comportamiento operativo con los requerimientos físicos del diseño.

SECCIÓN 8 – Barreras secundarias, flujo de aire y zonificación de presión

Enfoque principal: Describir cómo los SOP influyen en los sistemas de contención secundaria.

Puntos clave:

- Los diferenciales de presión organizan zonas limpias, menos limpias y potencialmente contaminadas.
- Los flujos de personal y materiales deben alinearse con la zonificación de presión negativa.
- Los sistemas HVAC responden a las necesidades procedimentales.
- La dirección del flujo de aire refleja el riesgo biológico.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué ocurre cuando el flujo de aire contradice el flujo operativo?
- ¿Cómo protege la zonificación a la contención?

Señal de orientación: Conecta los procedimientos con los sistemas mecánicos.

SECCIÓN 9 – Descontaminación y gestión de residuos como impulsores del diseño

Enfoque principal: Presentar los requerimientos de descontaminación como determinantes del diseño del laboratorio.

Puntos clave:

- Los SOP pueden requerir autoclave o desinfección química antes de la salida de materiales.
- El diseño puede incluir autoclaves pasantes y sistemas de tratamiento de efluentes.
- La descontaminación de salas completas exige sellado hermético y puertos de inyección.
- Los acabados deben resistir la exposición química.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Qué cambios de diseño exige la descontaminación con VHP?
- ¿Por qué la hermeticidad debe planificarse desde el inicio?

Señal de orientación: Muestra cómo los requerimientos operativos fijan decisiones físicas irreversibles.

SECCIÓN 10 – Hermeticidad y verificación de la contención

Enfoque principal: Explicar la importancia de la hermeticidad del laboratorio y su verificación.

Puntos clave:

- Los laboratorios herméticos son más seguros y más eficientes energéticamente.
- La hermeticidad estabiliza los diferenciales de presión y el flujo de aire.
- Los laboratorios deben aislarse de las fluctuaciones de presión atmosférica.

- Las pruebas de decaimiento de presión verifican el desempeño de la contención.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Cómo sabemos que un laboratorio es realmente hermético?
- ¿Por qué la verificación es tan importante como el diseño?

Señal de orientación: Introduce la validación como un requisito medible.

SECCIÓN 11 – Sostenibilidad y consideraciones energéticas

Enfoque principal: Abordar la sostenibilidad dentro de las limitaciones de los laboratorios de alta contención.

Puntos clave:

- Los laboratorios BSL-3 renuevan el 100 % del aire y no pueden recircularlo.
- La eficiencia energética es posible cuando se aborda desde la planificación y el diseño.
- La integridad de la contención siempre tiene prioridad.
- La sostenibilidad comienza con la hermeticidad y la optimización de sistemas.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Puede un laboratorio de alta contención ser sostenible?
- ¿De dónde provienen las mejoras de eficiencia?

Señal de orientación: Prepara la transición desde los fundamentos hacia el diseño avanzado de sistemas.

SECCIÓN 12 – Reflexión final: la contención como responsabilidad compartida

Enfoque principal: Cerrar la sesión reforzando la contención como una responsabilidad técnica y humana compartida.

Puntos clave:

- La seguridad surge de la interacción entre sistemas, personas y cultura.
- Las decisiones de diseño tienen consecuencias a largo plazo.
- La contención se mantiene mediante atención continua y disciplina operativa.
- La pregunta rectora del curso permanece vigente en todas las sesiones.

Preguntas retóricas / Señales de atención:

- ¿Quién es responsable de la contención a lo largo del tiempo?
- ¿Cómo afectan las decisiones actuales a la seguridad futura?

Señal de orientación: Cierra la sesión reafirmando los principios fundamentales que sustentan todo el curso.