



NutriLab®

v1.0

Sistema de soporte a la prescripción y verificación de nutrición parenteral en el adulto

Desarrollador	YerayFH - Yeray Reyes de la Mata
Servicio	Farmacia Hospitalaria — Hospital Universitario Puerto Real
Contacto	ydelamata01@gmail.com

AVISO LEGAL: Esta herramienta es un prototipo de apoyo a la decisión clínica con fines de investigación y docencia. NO constituye un producto sanitario validado y NO sustituye el criterio clínico del profesional sanitario.

1. Descripción General de la Aplicación

NutriLab® es un Sistema de Soporte a la Decisión Clínica (CDSS) diseñado para automatizar, optimizar y verificar la prescripción de nutrición parenteral (NP) en el paciente adulto hospitalizado. Permite calcular en tiempo real la composición de mezclas individualizadas y verificar la estabilidad físico-química de la mezcla antes de su elaboración, incluyendo: la precipitación de fosfato cálcico (producto $\text{Ca} \times \text{P}$ según curvas ASPEN), la estabilidad de la emulsión lipídica (Número de Agregación Crítica, CAN), y la osmolaridad total de la mezcla según la vía de administración (central vs. periférica $\leq 900 \text{ mOsm/L}$). Compatible con bolsas comerciales prefabricadas del hospital (Olimel, Smoflipid, Periolimel) y con mezclas totalmente individualizadas compuestas en la cabina de flujo laminar. Permite personalizar el stock del Servicio de Farmacia: modo de selección de dextrosa (automático para minimizar WFI o concentración fija), 14 especialidades de aminoácidos, 6 emulsiones lipídicas comerciales y concentraciones de electrolitos, insulina y heparina. Genera la Hoja de Elaboración Gravimétrica en PDF para el Técnico de Farmacia con los volúmenes exactos en mL de cada materia prima y la Orden Oficial de Prescripción Médica para la historia clínica. Incorpora un sistema de 11 alertas de seguridad jerarquizadas y un modal interactivo de confirmación de responsabilidad clínica (Safety Disclaimer) antes de exportar la orden de elaboración.

2. Indicaciones y Aplicabilidad Clínica

La aplicación esta diseñada para los siguientes escenarios clínicos y situaciones de uso:

- Prescripción individualizada de NP total y NP parcial en pacientes adultos hospitalizados: planta, UCI, oncología, cirugía y pacientes con NP domiciliaria.
- Verificación de la estabilidad físico-química de la mezcla: precipitación de fosfato cálcico (límite ASPEN para sales orgánicas e inorgánicas), estabilidad del CAN lipídico y osmolaridad.
- Cálculo automático del gasto energético total (GET), del aporte proteico necesario y de la velocidad de infusión de glucosa (VIG) ajustados al paciente.
- Personalización del catálogo de materias primas del Servicio de Farmacia: selección de concentraciones de dextrosa (5%, 10%, 20%, 30%, 50%), especialidades de aminoácidos (14 formulaciones), emulsiones de lípidos (6 formulaciones) y aditivos (insulina y heparina).
- Gestión de bolsas comerciales prefabricadas del hospital: carga de plantillas estandarizadas (Olimel, Periolimel, Smoflipid) y verificación de compatibilidad frente a las necesidades del paciente.
- Generación de la Hoja de Elaboración Gravimétrica para el Técnico de Farmacia en la cabina de flujo laminar: volúmenes exactos en mL de cada materia prima, densidades y datos de control.
- Generación del Documento Oficial de Prescripción Médica de NP para la historia clínica del paciente.
- Prevención del síndrome de realimentación: alerta preventiva cuando se identifican factores de riesgo combinados ($\text{IMC} < 16$ o $\text{IMC} < 18.5$ con ingesta inicial $> 15 \text{ kcal/kg/día}$).
- Cálculo del aporte hídrico, calórico y proteico con desglose por macronutriente y verificación frente a los objetivos nutricionales del paciente.
- Cálculo de la concentración final de cada ion en la mezcla y verificación frente a los límites de seguridad por vía de administración (central vs. periférica).

3. Datos de Entrada (Inputs)

Tabla completa de los campos que el usuario debe introducir. Los marcados con () son obligatorios; el resto son opcionales pero amplían la capacidad de análisis:*

Campo / Parametro	Descripción detallada	Rango / Valores válidos
Peso real (kg)	Peso actual del paciente en kg. Se usa para el cálculo del gasto energético basal (GEB) y para los objetivos proteicos. Rango: 35 a 160 kg.	35 - 160 kg
Talla (cm)	Altura del paciente en cm, necesaria para el cálculo del Índice de Masa Corporal (IMC) y del peso ideal (fórmula de Devine). Rango: 140 a 210 cm.	140 - 210 cm
Factor de estrés/actividad	Factor multiplicador del GEB para obtener el GET: 1.0 (reposo, sin estrés), 1.1 (estrés leve), 1.2-1.3 (estrés moderado, cirugía), 1.4-1.5 (estrés severo, quemados, UCI). Rango: 1.0 a 1.5.	1.0 - 1.5
Vía de administración	Central o Periférica. Limita la osmolaridad máxima de la mezcla: central sin límite estricto, periférica ≤ 900 mOsm/L. Activa la alerta de osmolaridad periférica.	Central Periférica
Glucosa (g/día)	Aporte de glucosa monohidratada o anhidra en gramos por día. Rango habitual: 100 a 450 g/día. La aplicación calcula la VIG resultante.	50 - 500 g/día
Aminoácidos (g/día)	Aporte de mezcla de aminoácidos en gramos por día. Rango habitual: 60 a 200 g/día según el estado catabólico. Mínimo 2.5% de concentración para estabilizar la emulsión.	20 - 200 g/día
Lípidos (g/día)	Aporte de emulsión lipídica en gramos por día. Puede ser cero (mezcla sin lípidos, 2 en 1). Rango: 0 a 150 g/día.	0 - 150 g/día
Na+ (mEq)	Sodio en mEq por día. Fuentes: NaCl 20%, acetato sódico.	Según clínica
K+ (mEq)	Potasio en mEq por día. Fuentes: KCl 15%, fosfato monopotásico.	Según clínica
Ca2+ (mEq o mmol)	Calcio en mEq o mmol por día. Fuentes: gluconato cálcico o cloruro cálcico.	Según clínica
PO4 (mmol)	Fosfato en mmol por día. Fuentes: glicerofosfato sódico (orgánico) o fosfato monopotásico (inorgánico). Crítico para el producto Ca x P.	Según clínica
Mg2+ (mEq o mmol)	Magnesio en mEq o mmol por día. Fuente: sulfato de magnesio.	Según clínica
Tipo de sales Ca/P	Selector de toggle: sales ORGÁNICAS (glicerofosfato /	Orgánicas Inorgánicas

	gluconato) o INORGÁNICAS (ClCa y fosfato inorgánico). Afecta al límite del producto Ca x P según ASPEN.	
Temperatura de conservación	Temperatura a la que se conservará la bolsa (4 °C en frigorífico, temperatura ambiente 22-25 °C). Afecta a las curvas de solubilidad del fosfato cálcico.	4 - 25 °C
Vitaminas y oligoelementos	Se añade la ampolla de multivitamínico y la ampolla de oligoelementos si están indicados. Toggle de inclusión / exclusión.	Sí / No
Modo Stock Glucosa (Farmacia)	Configurable en Farmacia: Automático (minimiza el volumen de Agua Inyectable WFI usando la combinación óptima de concentraciones) o Concentración fija por defecto.	Automático / Fija
Catálogo Stock Aminoácidos	Selección de especialidades autorizadas disponibles en el hospital entre 14 opciones (Vamin 18/14, Aminoven 10/15%, Aminoplasma 10/15%, Sintamin 10/14%, Tauramin 10%, Clinisol 15%, Frequamine 6.9%, Nephroprotect 10%, Aminosteril N-Hepa 8%, Dipeptiven 20%).	Personalizable
Catálogo Stock Lipídico	Selección de emulsiones lipídicas autorizadas en el servicio (ClinOleic 20%, Intralipid 20%, Lipoplus 20%, Lipofundina MCT/LCT 20%, Omegaven 10%, SMOFlipid 20%).	Personalizable
Aditivos Adicionales (Insulina / Heparina)	Concentración en stock y dosis prescrita de Insulina regular (UI/mL) y Heparina (UI/mL) para su adición segura a la bolsa.	UI/día
Base de Datos Bolsas Comerciales	Carga de plantillas de bolsas tricámara/bicámara del hospital almacenadas en memoria local (IndexedDB / localStorage).	Plantillas Hospital

4. Resultados Generados (Outputs)

La aplicación genera los siguientes resultados tras introducir los datos y lanzar el cálculo:

- OSMOLARIDAD ESTIMADA DE LA MEZCLA (mOsm/L): valor calculado con semáforo de seguridad. Verde = dentro del límite por la vía seleccionada. Naranja/Rojo = supera el límite de 900 mOsm/L para vía periférica.
- PRODUCTO Ca x P: producto de la concentración de calcio por la de fosfato en la mezcla calculado, comparado con el límite de seguridad ASPEN para el tipo de sal seleccionado (orgánica vs. inorgánica). Semáforo verde / rojo.

- NÚMERO DE AGREGACIÓN CRÍTICA (CAN): número adimensional que estima la estabilidad de la emulsión lipídica frente a los cationes multivalentes. Si supera el umbral, la emulsión puede desestabilizarse (coalescencia).
- APOORTE CALÓRICO TOTAL (kcal/día): desglose por macronutriente (% calorías de glucosa, lípidos y proteínas), comparado con el GET estimado del paciente. Aviso de sobrealimentación si supera el 130%.
- VELOCIDAD DE INFUSIÓN DE GLUCOSA VIG (mg/kg/min): crítica para detectar glucotoxicidad (VIG > 5 mg/kg/min en adultos críticos).
- VOLUMEN TOTAL DE LA BOLSA (mL): suma de todos los componentes para ajustar el balance hídrico diario.
- HOJA DE ELABORACIÓN GRAVIMÉTRICA (PDF): documento técnico con los volúmenes exactos en mL de cada materia prima (glucosa, aminoácidos, lípidos, electrolitos, aditivos, WFI) para la elaboración en cabina de flujo laminar. Protegido por el modal interactivo Safety Disclaimer.
- DOCUMENTO OFICIAL DE PRESCRIPCIÓN MÉDICA (PDF): orden médica oficial de Nutrición Parenteral con el resumen nutricional, osmolaridad, aportes por kg de peso y firma de validación para la historia clínica del paciente.
- PANEL DE ALERTAS ACTIVAS: lista interactiva con las 11 alertas clínicas de seguridad activas en el momento del cálculo, con nivel de gravedad, descripción explicativa y referencia de guía clínica.

5. Sistema de Alertas de Seguridad Clínica

La aplicación incorpora un sistema de alertas jerarquico con tres niveles de gravedad. Cada alerta se activa automaticamente cuando los datos introducidos superan los umbrales de seguridad. Las alertas críticas bloquean o marcan visualmente el resultado con animacion pulsante. Las advertencias requieren la atencion del clínico pero no bloquean el uso. Las informativas aportan contexto adicional:

Nombre de la Alerta	Nivel	Descripcion / Causa / Acción recomendada
PRECIPITACIÓN Ca x P	Crítica / Bloqueante	El producto de la concentración de calcio por la de fosfato supera el umbral de seguridad ASPEN (300-400 mEq·mmol/L ² para sales orgánicas y 100-200 para inorgánicas; factor x0.75 a temp. ambiente). La precipitación de fosfato cálcico puede provocar embolismo pulmonar mortal. Esta alerta bloquea la exportación y exige reformulación.
POTASIO (K⁺) - DOSIS / VÍA	Crítica / Bloqueante	El aporte de potasio supera el límite de 4 mEq/kg/día o la concentración máxima segura para la vía: ≤60 mEq/L en vía periférica y ≤150 mEq/L en vía central. Previene flebitis química severa, asistolia y arritmias ventriculares.
ESTABILIDAD CAN LIPÍDICO	Crítica	El Número de Agregación Crítica (CAN = [Na+K] + 4*[Ca+Mg])

		supera los 600 mEq/L. Riesgo de coalescencia (rotura irreversible de fases) de la emulsión lipídica.
OSMOLARIDAD POR VÍA	Crítica / Advertencia	En vía periférica, osmolaridades > 900 mOsm/L generan alerta crítica bloqueante por riesgo inminente de tromboflebitis y daño endotelial. En vía central, alerta de precaución a > 1400 mOsm/L y crítica a > 1500 mOsm/L.
MAGNESIO (Mg²⁺) - DOSIS / VÍA	Advertencia / Crítica	Advertencia si > 0.4 mEq/kg/día o > 10 mEq/L en vía periférica / > 20 mEq/L en vía central. Nivel crítico bloqueante si > 0.6 mEq/kg/día o concentración > 30 mEq/L (riesgo de bloqueo neuromuscular y cardiotoxicidad).
SODIO (Na⁺) - DOSIS / VÍA	Advertencia	Alerta si el aporte supera 3 mEq/kg/día (>220 mEq/día) o si la concentración sobrepasa los 100 mEq/L en vía periférica o 154 mEq/L en vía central (hipertonicidad marcada).
CALCIO (Ca²⁺) AISLADO	Advertencia	Alerta si la concentración supera 10 mEq/L en vía periférica o 15 mEq/L en vía central, o si el aporte aislado supera 0.3 mEq/kg/día (>25 mEq/día).
FOSFATO (PO₄³⁻) - DOSIS / VÍA	Advertencia	Alerta si la dosis supera 0.8 mmol/kg/día (>60 mmol/día) o si la concentración sobrepasa: en vía periférica 15 mmol/L (inorgánico) / 20 mmol/L (orgánico); en vía central 25 mmol/L (inorgánico) / 35 mmol/L (orgánico).
CLORURO / ACETATO	Advertencia	Alerta si la concentración de cloruro supera 100 mEq/L en vía periférica o 150 mEq/L en vía central, o si el ratio de Cl ⁻ supera el 75% del total de aniones con dosis elevadas (riesgo de acidosis metabólica hiperclorémica).
VELOCIDAD DE INFUSIÓN DE GLUCOSA (VIG)	Advertencia / Crítica	La velocidad de infusión de glucosa supera el límite de seguridad (5 mg/kg/min en adultos). Previene hiperglucemia por glucotoxicidad, diuresis osmótica y esteatosis hepática.
TASA DE INFUSIÓN DE LÍPIDOS	Advertencia	La tasa de infusión supera 0.11 g/kg/h. Tasas superiores pueden saturar la capacidad de aclaramiento lipídico, causando hipertrigliceridemia y disfunción inmune.
AMINOÁCIDOS < 2.5%	Advertencia	La concentración de aminoácidos

(ESTABILIDAD TNA)		en la mezcla 3-en-1 es inferior al 2.5%, reduciendo la carga electrostática necesaria para estabilizar la emulsión lipídica.
RIESGO DE SÍNDROME DE REALIMENTACIÓN	Advertencia / Crítica	Se activa en pacientes con IMC < 16 o IMC < 18.5 con inicio calórico > 15 kcal/kg/día. Requiere incremento gradual escalonado y monitorización estricta de PO ₄ , K y Mg.
SOBREALIMENTACIÓN (>35 kcal/kg/día)	Advertencia	El aporte calórico total supera los requerimientos metabólicos del paciente, incrementando la producción de CO ₂ y la lipogénesis hepática.
LÍPIDOS > 50% CNP (RIESGO PNALD)	Advertencia	Indica que las grasas aportan más del 50% de las calorías no proteicas, asociándose a colestasis y disfunción hepática asociada a nutrición parenteral.
RELACIÓN CNP/N ₂ FUERA DE RANGO	Advertencia	Relación Calorías No Proteicas / Nitrógeno fuera del rango fisiológico óptimo (100:1 a 180:1; hasta 80:1 en pacientes críticos).
DÉFICIT DE VOLUMEN (WFI)	Crítica / Bloqueante	El volumen de materias primas prescritas excede el volumen total de la bolsa. Requiere incrementar el volumen prescrito o reajustar los componentes.

6. Guía de Uso Paso a Paso (Manual de Instrucciones)

Siga estos pasos en el orden indicado. Cada paso es necesario para obtener resultados correctos y completos:

Paso 1. Accede a NutriLab desde el navegador. Revisa la barra superior y pulsa en "Configuración de Farmacia" para ajustar los stocks de dextrosa (auto/manual), especialidades de aminoácidos (entre 14 disponibles), emulsiones lipídicas (6 disponibles), concentraciones de electrolitos e insulina/heparina.

Paso 2. Introduce los datos antropométricos del paciente: peso real (kg) y talla (cm). La aplicación calcula automáticamente el IMC, el peso ideal (Devine) y el gasto energético basal (GEB según Harris-Benedict o Mifflin-St Jeor).

Paso 3. Selecciona el factor de estrés/actividad (1.0 a 1.5). El GET (Gasto Energético Total) se actualiza automáticamente como GET = GEB x Factor de Estrés.

Paso 4. Selecciona la vía de administración (Central o Periférica). Esta selección activa o desactiva el límite de osmolaridad (900 mOsm/L) y condiciona las alertas de seguridad.

Paso 5. Introduce los aportes de macronutrientes: glucosa (g/día), aminoácidos (g/día) y lípidos (g/día). El panel derecho muestra en tiempo real la osmolaridad, el producto Ca x P, el CAN y el aporte calórico total.

Paso 6. Introduce los electrolitos en el bloque correspondiente: Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Fosfato, Mg²⁺.
Selecciona el tipo de sales de calcio y fosfato (orgánicas vs. inorgánicas) con el toggle correspondiente.

Paso 7. Introduce la temperatura de conservación prevista de la bolsa (4 °C si va a refrigeración, o 22-25 °C si se administra a temperatura ambiente). Esta variable ajusta dinámicamente las curvas de solubilidad del fosfato cálcico.

Paso 8. Activa o desactiva la adición de multivitamínico, oligoelementos, insulina o heparina en los campos correspondientes.

Paso 9. Si el paciente es candidato a bolsa comercial prefabricada, pulsa el botón "Bolsas Hospital" para cargar la plantilla de la bolsa comercial correspondiente (Olimel, Periolimel, Smoflipid, etc.) almacenada en el sistema.

Paso 10. Revisa el panel derecho de seguridad en tiempo real: verifica que la osmolaridad (mOsm/L) es adecuada para la vía seleccionada, que el producto Ca x P está por debajo del umbral ASPEN, y que el CAN es seguro.

Paso 11. Si alguna alerta clínica está activa, ajusta las dosis hasta resolver las advertencias. Si existiesen alertas no bloqueantes al pulsar "Hoja de Elaboración", se desplegará el modal interactivo Safety Disclaimer con el listado de advertencias para su confirmación activa antes de generar el PDF.

Paso 12. El farmacéutico clínico confirma el disclaimer y descarga la Hoja de Elaboración Gravimétrica (con los volúmenes exactos en mL de materias primas para la cabina de flujo laminar) y la Orden Oficial de Prescripción Médica.

7. Notas Importantes y Limitaciones

	<i>NutriLab® NO sustituye la validación farmacéutica ni el criterio del médico prescriptor. Toda prescripción de NP debe ser validada por un farmacéutico clínico antes de su elaboración.</i>
	<i>Admite la introducción de valores decimales (tanto con punto "." como con coma ",") en todos los campos de Macronutrientes, Electrolitos y antropometría, facilitando un ajuste preciso de las dosis.</i>
	<i>Los límites de estabilidad del producto Ca x P se basan en las guías ASPEN (American Society for Parenteral and Enteral Nutrition). El umbral difiere entre sales orgánicas (límite mayor) e inorgánicas (límite más restrictivo).</i>
	<i>La aplicación funciona con cálculo local en el navegador. No transmite datos de prescripción a servidores externos. La configuración de farmacia y las plantillas de bolsas se almacenan localmente en</i>

	<i>el navegador (localStorage / IndexedDB).</i>
	<i>Si se refresca o cierra la ventana por error, el sistema detecta el borrador previo ('nutrilab_draft') y muestra un banner superior que permite recuperar toda la prescripción intacta.</i>
	<i>La VIG (Velocidad de Infusión de Glucosa) recomendada en adultos críticos es ≤ 5 mg/kg/min. Valores superiores pueden asociarse a hiperglucemia por glucotoxicidad y esteatosis hepática.</i>
	<i>El síndrome de realimentación es una complicación potencialmente mortal en pacientes con desnutrición severa ($IMC < 16$) o ayuno prolongado. Cuando la alerta está activa, se recomienda iniciar con el 50% del GET e incrementar progresivamente a lo largo de 3-4 días con monitorización estrecha de fosfato, magnesio, potasio y glucemia.</i>