

PROGRAMA DE HABILIDADES DE PENSAMIENTO CIENTÍFICO (PHPC)

CURIOSITY KAIROS — FORMACIÓN TRANSVERSAL DE 7.º BÁSICO A 2.º MEDIO

ARQUITECTURA DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO, NEURODIDÁCTICA Y GOBERNANZA EPISTÉMICA

El **Programa de Habilidades de Pensamiento Científico (PHPC)** de Curiosity Kairos es un modelo de intervención e ingeniería cognitiva de vanguardia diseñado para estudiantes de 7.º Básico a 2.º Medio. A diferencia de las aproximaciones disciplinares clásicas, el PHPC se define como un espacio formativo estrictamente transversal y agnóstico al contenido temático. Su objetivo principal es estructurar la arquitectura del pensamiento de los estudiantes, dotándolos de capacidades metacognitivas, analíticas, de razonamiento formal y de escepticismo metodológico aplicadas a cualquier escenario de su vida escolar, ciudadana o profesional.

ARQUITECTURA DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO (PHPC)

[IV. GOBERNANZA EPISTÉMICA]

Metacognición activa, autorregulación y vigilancia crítica de la información (Flavell)

NIVEL IV

[III. RAZONAMIENTO SISTÉMICO]

Análisis de redes complejas, multicausalidad y bucles de retroalimentación no lineales (Meadows)

NIVEL III

[II. MODELIZACIÓN Y ARGUMENTACIÓN]

Tránsito semiótico (Duval) y construcción de aserciones basadas en evidencias y garantías (Toulmin)

NIVEL II

[I. CONTROLES METODOLÓGICOS]

Aislamiento de variables, deducción de consecuencias falsables y criterios de demarcación (Popper/Lawson)

NIVEL I

I. INTRODUCCIÓN, CONTEXTO Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El PHPC se opone frontalmente a la reducción del aprendizaje científico a un ejercicio de memoria o reproducción mecánica de fórmulas. El desarrollo del razonamiento científico de primer orden se fundamenta teóricamente en **nueve pilares didáctico-epistemológicos**, estructurados jerárquicamente de acuerdo con su nivel de abstracción y relevancia en la demarcación del conocimiento válido:

JERARQUÍA DE PILARES TEÓRICOS EN PHPC	
1. Popper & Hill	Naturaleza de la Ciencia y Demarcación
2. Duval, Giere & Justi	Modelización Científica Escolar y Tránsito Semiótico
3. Sweller, Vygotsky & Bruner	Teoría de la Carga Cognitiva y Andamiaje Instruccional
4. Wenning & Lawson	Taxonomía de Indagación y Razonamiento Formal
5. Toulmin, Sardà & Sanmartí	Argumentación Científica Estructurada
6. Donella Meadows	Pensamiento Sistémico y Multicausalidad Dinámica
7. Astolfi & Flavell	Pedagogía del Error Constructivo y Metacognición
8. Roediger & Karpicke	Recuperación Activa y Práctica Distribuida
9. Dr. Mario Quintanilla	Dimensión Afectiva y Epistemología de Aula (Lab. GRECIA)

1. Naturaleza de la Ciencia, Demarcación y Pensamiento Crítico

Autores: Karl Popper (1934/1959); Sir Austin Bradford Hill (1965).

Fundamentación: El cimiento epistemológico del PHPC se sitúa en la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia (NdC). Adoptando el racionalismo crítico de Karl Popper, enseñamos al estudiante que la ciencia no progresa acumulando verdades absolutas, sino refinando modelos a través de la falsación. Los alumnos son entrenados para formular conjeturas y diseñar pruebas orientadas explícitamente a refutar sus propios supuestos (falsacionismo), estableciendo una clara línea divisoria entre aserciones científicas empíricamente contrastables y afirmaciones pseudocientíficas. Complementariamente, integramos los criterios de Sir Austin Bradford Hill para blindar el pensamiento crítico del estudiante ante la saturación de información, enseñándole a diseccionar afirmaciones correlacionales (ej. «el incremento de X ocurre al mismo tiempo que Y») mediante pruebas lógicas de temporalidad, plausibilidad mecanicista y gradiente de respuesta para determinar si existe una verdadera relación de causalidad física o biológica.

2. Modelización Científica Escolar y Tránsito Semiótico

Autores: Raymond Duval (1999, 2006); Ronald Giere (1988, 1992); Justi & Gilbert (2016).

Fundamentación: Consideramos que la ciencia escolar no opera sobre la realidad física directa, sino sobre modelos mentales que median la interpretación de la naturaleza. Siguiendo a Ronald Giere y Justi & Gilbert, estimulamos al estudiante a tratar las teorías científicas como representaciones provisionales, analizando críticamente sus supuestos e identificando sus condiciones límite. Esta modelización se operativiza mediante la teoría de registros de representación semiótica de Raymond Duval. El razonamiento formal se consolida cuando el alumno realiza operaciones de conversión bidireccional entre al menos tres registros semióticos de un mismo fenómeno: el verbal (narrativa cualitativa), el gráfico (coordenadas cartesianas, pendientes) y el simbólico (fórmulas, proporciones matemáticas).



3. Teoría de la Carga Cognitiva y Andamiaje Instruccional

Autores: John Sweller (1988, 2010); Lev Vygotsky (1934/1978); Jerome Bruner (1976).

Fundamentación: El razonamiento abstracto de alta demanda es propicio a la frustración si se satura el sistema de procesamiento del aprendiz. Bajo la Teoría de la Carga Cognitiva de John Sweller, el PHPC reduce sistemáticamente la carga extrínseca (interfaces virtuales complejas o instrucciones confusas) y optimiza la carga germana (el esfuerzo mental dedicado a construir esquemas cognitivos de pensamiento). Esta arquitectura cognitiva se despliega en la Zona de Desarrollo Próximo de Lev Vygotsky utilizando el andamiaje instruccional de Jerome Bruner, donde el aula virtual provee ayudas dinámicas que se retiran de manera paulatina (*cognitive fading*) a medida que el estudiante demuestra autonomía en la ejecución del pensamiento formal.

ZONA DE DESARROLLO PRÓXIMO (ZDP) — MEDIACIÓN INSTRUCCIONAL EN EL AULA VIRTUAL

NIVEL DE DESARROLLO REAL

Punto de partida del alumno

- Ideas alternativas sin deconstruir.
- Razonamiento concreto o intuitivo.
- Desempeño autónomo limitado en ciencias.

[Diagnóstico] Fase 0 (KPSI)

ZONA DE DESARROLLO PRÓXIMO

Espacio de Mediación y Andamiaje

- **Andamiaje de Alta Densidad:** Ejemplos Resueltos (Fase 1) y modelos explícitos.
- **Desvanecimiento Cognitivo:** Fading progresivo de ayudas.
- **Andamiaje de Baja Densidad:** Práctica guiada (Fase 2) y recursos prácticos (Fase 3).

Rol del Educador / Diseño Instruccional

NIVEL DE DESARROLLO POTENCIAL

Autonomía del egresado

- Razonamiento formal consolidado (Lawson).
- Gobernanza epistémica y metacognitiva.
- Transferencia a nuevos contextos y PAES.

[Evaluación] Fase 4 (Certificación)

4. Taxonomía de Indagación y Desarrollo del Razonamiento Formal

Autores: Carl J. Wenning (2005, 2015); Anton E. Lawson (1978, 2018).

Fundamentación: La progresión de habilidades en el PHPC se estructura de manera sistemática bajo los niveles de indagación de Carl J. Wenning, transitando desde el aprendizaje guiado y de baja autonomía hasta la indagación hipotético-deductiva libre. Este trayecto procedimental está diseñado para entrenar de forma explícita los seis patrones lógicos de razonamiento formal en adolescentes formulados por Anton E. Lawson: el aislamiento y control de variables, la lógica proporcional, el razonamiento de probabilidades, el peritaje correlacional, el análisis combinatorio y el pensamiento hipotético-deductivo. El dominio de estos patrones lógicos capacita al estudiante para resolver problemas complejos con prescindencia del contenido disciplinar específico.

5. Argumentación Científica y Estructura Argumentativa

Autores: Stephen Toulmin (1958/2003); Sardà & Sanmartí (2000); Jiménez-Aleixandre & Erduran (2007).

Fundamentación: El pensamiento científico es constitutivamente dialógico e intersubjetivo. El PHPC adopta el Modelo Argumentativo de Stephen Toulmin como la estructura discursiva medular para formalizar las explicaciones de los estudiantes. El programa enseña a los alumnos a ensamblar aserciones rigurosas vinculando de manera explícita: datos (\$D\$), garantías (\$G\$), respaldos (\$R\$), cualificadores modales (\$Q\$) y refutaciones (\$X\$). Siguiendo a Sardà & Sanmartí y Jiménez-Aleixandre, esta práctica argumentativa transforma el aula en un espacio de justificación racional frente al mero intercambio de opiniones intuitivas.

MAPA DE INTERACCIÓN DE TOULMIN EN PHPC

MARCO TEÓRICO / RESPALDO (R)

Cuerpo validado por el consenso de la ciencia

GARANTÍA (G)

Leyes, teorías y principios que conectan D con C

REFUTACIÓN (X)

Condiciones de excepción y límites de validez

DATOS (D)

Hechos, observaciones, tablas y mediciones

CUALIFICADOR MODAL (Q)

Grado de certeza o probabilidad epistemológica

ASERCIÓN / CONCLUSIÓN (C)

Tesis o afirmación científica demostrada

6. Pensamiento Sistémico, Dinámica de Sistemas y Multicausalidad

Autora: Donella Meadows (2008).

Fundamentación: Los estudiantes tienden de forma natural a razonar mediante causalidades lineales y simplistas. Frente a esto, el PHPC introduce la dinámica de sistemas de Donella Meadows como un marco interpretativo de la realidad. Se entrena a los alumnos para modelar sistemas complejos identificando: bucles de retroalimentación de equilibrio o refuerzo (*feedbacks*), desfases temporales (*delays*) entre perturbaciones y efectos, y comportamientos no lineales que conducen a cambios de fase drásticos. De este modo, los estudiantes comprenden que los sistemas vivos, físicos y sociales se comportan de forma emergente y multicausal.

Arquitectura de un Sistema Dinámico Multicausal (Meadows)

DINÁMICA DE SISTEMAS

Estructura Operativa: Flujo de Entrada (*Inflow*) → [Válvula Reguladora] → **ACUMULACIÓN (Stock)** → [Válvula Reguladora] → Flujo de Salida (*Outflow*).

El stock alimenta bucles de refuerzo (+) orientados a la amplificación exponencial y bucles de balance (-) dedicados a la autorregulación homeostática. Los retardos temporales (*time delays*) entre la emisión de la señal y la respuesta generan oscilaciones y comportamientos no lineales en los límites de saturación del sistema.

7. Pedagogía del Error Constructivo y Monitoreo Metacognitivo

Autores: Jean-Pierre Astolfi (1997); John Flavell (1979).

Fundamentación: En el PHPC el error no es penalizado, sino valorado como una ventana a los obstáculos epistemológicos del estudiante. Siguiendo la didáctica de Jean-Pierre Astolfi, el error es un resorte pedagógico fundamental para deconstruir ideas intuitivas y lógicas sesgadas. A través del monitoreo metacognitivo sistemático teorizado por John Flavell, el programa desafía constantemente a los estudiantes a reflexionar sobre sus propios procesos de pensamiento, regulando su nivel de confianza cognitiva y analizando la raíz de sus sesgos interpretativos durante las evaluaciones formativas del aula virtual.

8. Recuperación Activa y Práctica Distribuida

Autores: Henry L. Roediger III & Jeffrey D. Karpicke (2006); Dunlosky et al. (2013).

Fundamentación: El almacenamiento y la transferencia duradera de las habilidades cognitivas de alto orden requieren la consolidación en la memoria a largo plazo. Basándose en los descubrimientos de Roediger & Karpicke, el programa incorpora la recuperación activa mediante el efecto test (*Retrieval Practice*), obligando a los estudiantes a resolver desafíos de evocación forzada de estrategias lógicas. Asimismo, el PHPC distribuye e intercala (*interleaving*) el entrenamiento de habilidades (ej. mezclando tareas de argumentación con problemas de aislamiento de variables en una misma unidad) para evitar la automatización repetitiva e inducir una discriminación lógica profunda de la estructura de cada problema.

9. Dimensión Afectiva y Epistemología del Aula

Autores: Dr. Mario Quintanilla / Laboratorio GRECIA (2006, 2014).

Fundamentación: El pensamiento formal y la confianza científica se desarrollan en una atmósfera de seguridad emocional y validación epistémica. El PHPC se asienta en las investigaciones del Dr. Mario Quintanilla, otorgando un estatus fundamental a «las emociones, sonidos y voces del aula». En sintonía con las limitaciones operativas del aula virtual, la dimensión afectiva se resguarda mediante un diseño de interfaz virtual empático y libre de ansiedad, que modela la persistencia, tolera el error procedimental y estimula la co-construcción dialogada del saber científico entre pares.

II. ARTICULACIÓN CON ESTÁNDARES INTERNACIONALES

El PHPC actúa como una plataforma de alto rendimiento cognitivo diseñada para responder con solvencia a los estándares de evaluación internacional más exigentes:



1. Marco Científico PISA 2025 (OECD)

El PHPC se conecta directamente con las tres grandes competencias epistémicas redefinidas en el nuevo marco PISA 2025:

- **Competencia 1 (Explicar fenómenos científicamente):** El programa capacita a los estudiantes para reconocer y formular explicaciones plausibles y mecanicistas sobre el funcionamiento de sistemas naturales y tecnológicos, distinguiéndolas de razonamientos intuitivos de sentido común.
- **Competencia 2 (Evaluar y diseñar la indagación científica e interpretar datos y pruebas críticamente):** El PHPC enseña a identificar variables controladas, diseñar experimentos rigurosos con grupos de control y peritar la validez interna de un diseño experimental. Además, entrena al alumno para decodificar gráficos multivariables complejos y analizar la presencia de sesgos o incertidumbres metrológicas en la recolección de pruebas empíricas.

- **Competencia 3 (Buscar, evaluar y usar información científica para la toma de decisiones y la acción):** El entrenamiento en lectura lateral e inmunización contra el sesgo de confirmación prepara a los estudiantes para desempeñarse como ciudadanos con pensamiento crítico frente al fenómeno de la desinformación en medios digitales.
- **Identidad Científica:** El programa evalúa e impulsa la autoeficacia, la autopercepción de competencia científica y el sentido de agencia frente a los desafíos sociocientíficos del Antropoceno.

2. Prácticas Científicas de los Next Generation Science Standards (NGSS / NRC)

El PHPC entrena de manera transversal las ocho Prácticas de Ciencia e Ingeniería (SEPs) de las NGSS, priorizando tres de ellas en su diseño de habilidades de primer orden:

- **Práctica 2 (Desarrollo y uso de modelos):** Los estudiantes construyen, prueban y refinan modelos conceptuales abstractos para representar dinámicas biológicas o físicas complejas.
- **Práctica 3 (Planificación y ejecución de indagaciones):** Se entrena sistemáticamente la lógica del aislamiento de variables y la selección de instrumentos metrológicos.
- **Práctica 7 (Participación en argumentos basados en pruebas):** El uso estructurado del modelo Toulmin obliga al estudiante a justificar cada una de sus afirmaciones teóricas utilizando evidencias concretas y principios validados por el consenso científico.

III. ESTRUCTURA MODULAR Y PROGRESIÓN DEL PENSAMIENTO

La progresión de las habilidades del pensamiento científico se estructura de forma *in crescendo* a lo largo de cada curso o módulo, organizándose en **cinco fases lineales secuenciales restrictivas** implementadas a través de herramientas nativas, robustas y probadas del aula virtual:

DIAGRAMA DE TRANSICIÓN MODULAR (PHPC)

FASE 0: AUDITORÍA	Diagnóstico Metacognitivo (KPSI Nativo) y Desestabilización de Preconcepciones.
FASE 1: INTRODUCCIÓN	Operaciones Cognitivas Superiores (Observar, Cuestionar) y Ejemplos Trabajados.
FASE 2: PROFUNDIZACIÓN	Modelización Multi-Registro (Duval), Pensamiento Sistémico (Meadows) y Toulmin.
FASE 3: LABORATORIO	Laboratorio Virtual de Indagación, Control de Variables y Análisis Metrológico.
FASE 4: EVALUACIÓN	Evaluación Formativa Final con Feedback por Distractor y Certificación de Competencias.

Fase 0: Auditoría del Pensamiento y Diagnóstico Metacognitivo (KPSI Nativo):

Objetivo: Diagnosticar y visibilizar las ideas previas, sesgos cognitivos y el nivel inicial de autopercepción de competencia científica de los estudiantes.

Operación en el aula virtual: Utiliza la herramienta nativa de Cuestionario estructurada bajo la metodología KPSI (*Knowledge Pupil Squeezing Instrument*). El cuestionario plantea dilemas o problemas conceptuales y pide al estudiante calificar su nivel de confianza y justificar sus respuestas. La plataforma ofrece una retroalimentación socrática adaptativa de desestabilización cognitiva. Su completación es requisito obligatorio para desbloquear el acceso a la Fase 1.

Fase 1: Introducción a las Operaciones Cognitivas Superiores (Observar, Cuestionar y Formular):

Objetivo: Instalar las bases del razonamiento formal mediante la enseñanza explícita de las habilidades de observación crítica, formulación de preguntas investigables y planteamiento de hipótesis falsables de Popper.

Operación en el aula virtual: Se despliegan micro-lecturas e infografías conceptuales interactivas, acompañadas de Ejemplos Trabajados (*Worked Examples*) que modelan la deconstrucción analítica del pensamiento experto.

Fase 2: Profundización, Modelización y Aplicaciones Avanzadas:

Objetivo: Consolidar el tránsito semiótico de Duval y el análisis de sistemas complejos de Meadows. Los estudiantes modelan interacciones dinámicas no lineales y construyen argumentos estructurados bajo el modelo Toulmin.

Operación en el aula virtual: Se despliegan actividades de modelación mediante el uso de plantillas de traducción semiótica interactivas (Verbal $\rightarrow$ Gráfico $\rightarrow$ Simbólico).

Fase 3: Laboratorio Virtual de Indagación:

Objetivo: Desarrollar destrezas procedimentales de aislamiento de variables, medición y registro en entornos experimentales controlados y seguros adaptados al aula virtual.

Operación en el aula virtual: Se integran laboratorios virtuales de indagación y simulaciones interactivas según las posibilidades de cada curso. En esta fase, los estudiantes interactúan con entornos prácticos o simulados para contrastar hipótesis, registrar mediciones en tablas y analizar la relación de interdependencia de variables bajo condiciones controladas.

Fase 4: Evaluación Final de Competencias de Pensamiento y Certificación:

Objetivo: Evaluar formalmente el logro de las competencias cognitivas mediante el efecto test, entregando retroalimentación de calibración y registrando el estado del monitoreo metacognitivo.

Operación en el aula virtual: Cuestionario final de alta exigencia configurado con retroalimentación por distractor. Cada opción incorrecta en los ítems de alternativas está parametrizada para diagnosticar inmediatamente qué sesgo lógico u obstáculo epistemológico cometió el estudiante, redirigiendo su aprendizaje de manera autónoma.

IV. TAXONOMÍA DE HABILIDADES Y DIMENSIONES DE DOMINIO

Para guiar la evaluación formativa y el mapeo de competencias nativas en el aula virtual, el PHPC define **cuatro Dimensiones de Dominio transversales**, cada una operacionalizada con sus respectivos descriptores de desempeño e indicadores de logro:

Dimensión I: Indagación, Control Metodológico y Lógica Experimental

INDAGACIÓN & CONTROL

Descriptor I.1 (Formulación Epistémica)

Formula preguntas científicamente investigables que delimitan y definen la interacción de variables, traduciéndolas en hipótesis explicativas falsables.

Indicador de Logro Aula Virtual: Discrimina entre hipótesis contrastables y enunciados metafísicos/dogmáticos en cuestionarios virtuales.

Descriptor I.2 (Diseño Experimental)

Diseña y perita protocolos de investigación empírica aislando con rigor variables independientes, dependientes y controlando de manera precisa los factores intervinientes y el grupo control.

Indicador de Logro Aula Virtual: Identifica fallas metodológicas o ausencia de variables de control en casos simulados presentados en tareas virtuales.

Dimensión II: Modelización Conceptual y Tránsito Semiótico Multi-Registro

SEMIOSIS & SISTEMAS

Descriptor II.1 (Tránsito Semiótico)

Realiza transposiciones semánticas y conversiones fluidas y bidireccionales entre representaciones cualitativas (verbales), esquemas dinámicos, gráficos de dispersión cartesianos y modelos simbólico-matemáticos de un mismo fenómeno (Tríada de Duval).

Indicador de Logro Aula Virtual: Completa con precisión tablas de conversión múltiple arrastrando y soltando elementos lógicos en ejercicios interactivos.

Descriptor II.2 (Pensamiento de Sistemas)

Deconstruye y modela fenómenos y redes de interacción compleja reconociendo bucles de retroalimentación de equilibrio o amplificación, retardos temporales y dinámicas de comportamiento no lineal (Sistemas de Meadows).

Indicador de Logro Aula Virtual: Construye diagramas de flujo y bucles causales identificando puntos críticos de saturación o umbrales límite (*tipping points*).

Dimensión III: Evaluación de Pruebas, Escepticismo Crítico y Argumentación

TOULMIN & CAUSALIDAD

Descriptor III.1 (Rigor Argumentativo)

Construye y defiende argumentos científicos sólidos estructurando de forma cohesiva sus aserciones mediante el uso explícito de datos empíricos, garantías, respaldos teóricos, cualificadores de certeza y refutaciones (Estructura Toulmin).

Indicador de Logro Aula Virtual: Obtiene niveles de logro sobresalientes en la rúbrica de argumentación analítica nativa en tareas de discusión de casos.

Descriptor III.2 (Demarcación Crítica)

Evalúa de forma crítica la validez y credibilidad de informaciones de carácter científico, diferenciando correlaciones estadísticas de explicaciones causales reales aplicando los criterios de Bradford Hill y técnicas de lectura lateral.

Indicador de Logro Aula Virtual: Identifica sesgos de confirmación, falacias lógicas o datos insuficientes en textos de divulgación científica expuestos en foros de debate.

Descriptor IV.1 (Vigilancia del Pensamiento)

Supervisa y autorregula el propio pensamiento científico (Gobernanza Cognitiva), monitoreando el nivel de confianza, evaluando de forma constructiva el error y ajustando las estrategias de estudio según sus resultados de aprendizaje.

Indicador de Logro Aula Virtual: Completa de forma honesta el autodiagnóstico del monitoreo metacognitivo en la actividad Feedback, reconociendo y analizando las causas lógicas de sus errores.

Descriptor IV.2 (Epistemología Colaborativa)

Co-construye modelos y resuelve problemas de indagación de manera colaborativa, valorando la diversidad de «voces y sonidos» del aula virtual, manifestando tolerancia a la frustración y persistencia epistémica.

Indicador de Logro Aula Virtual: Participa activamente en talleres de coevaluación por pares, entregando comentarios respetuosos y constructivos para mejorar los argumentos de sus compañeros.

V. ESTRATEGIA PEDAGÓGICA Y METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

La didáctica del PHPC se sustenta en un enfoque de **Enseñanza Explícita con Andamiaje de Desvanecimiento (Fading)** para optimizar la Zona de Desarrollo Próximo, adaptada especialmente para un entorno virtual autoinstruccional flexible y agnóstico:

1. Cursos Autoinstruccionales Flexibles

El programa se estructura de manera asincrónica inteligente para que el estudiante progrese a su propio ritmo sin depender de clases expositivas rígidas. Los andamios conceptuales y las consignas de la IA Guiñi están integrados directamente en la secuencia modular de la plataforma, guiando de manera autónoma el aprendizaje.

2. Ecosistema Metacognitivo en el Aula Virtual de Forma Nativa y Estable

Para garantizar la estabilidad técnica del aula virtual, descartamos de forma absoluta cualquier plugin de terceros inestable. El monitoreo y autodiagnóstico del monitoreo metacognitivo se configuran mediante los siguientes recursos nativos del aula virtual:

- **Encuesta de Cierre del Monitoreo Metacognitivo (Actividad "Feedback" Nativa):** Al concluir cada unidad de habilidades, el estudiante realiza un autodiagnóstico cualitativo valorando su nivel de confianza y dominio en los 6 ejes de competencia de autoevaluación utilizando una escala de logro estándar de cuatro niveles (*Inicial, En Desarrollo, Logrado, Sobresaliente*). La plataforma genera de forma automatizada un informe cualitativo de progreso con recomendaciones personalizadas para la nivelación autónoma del alumno.
- **Rúbricas de Evaluación Avanzada Nativas:** Las tareas de argumentación de Toulmin y los peritajes de causalidad de Hill se evalúan mediante rúbricas analíticas nativas integradas directamente en el sistema del aula virtual, visibilizando los criterios de evaluación para padres, apoderados y docentes.
- **Certificación por Competencias Nativa del Aula Virtual:** Se configura un árbol de competencias utilizando identificadores limpios en formato CSV (e.g., CPC_ARG_01, CPC_IND_02). El logro de estas competencias se vincula directamente a la completación de las evaluaciones de la Fase 4, permitiendo que la plataforma certifique automáticamente las destrezas adquiridas en el perfil del alumno.

3. Evaluación sin Notas ni Calificaciones: Aprobación por Porcentaje de Logro

Con el fin de resguardar el enfoque puramente formativo del aprendizaje, reducir la ansiedad evaluativa y fomentar la motivación intrínseca (en sintonía con la dimensión afectiva del Laboratorio GRECIA), el PHPC prescinde por completo del uso de notas tradicionales o calificaciones numéricas. En su lugar, el avance y la aprobación del programa se gestionan bajo las siguientes directrices:

- **Aprobación por Porcentaje de Logro:** El estudiante progresa a través de las fases demostrando dominio cognitivo. La aprobación de cada unidad se determina estrictamente al alcanzar un porcentaje de logro mínimo de $\geq 80\%$ en los cuestionarios de evaluación de la Fase 4.
- **Retroalimentación Cualitativa Orientada al Logro:** En lugar de una cifra numérica que etiquete el desempeño, la plataforma reporta el progreso mediante descriptores cualitativos de logro estándar de cuatro niveles (*Inicial, En Desarrollo, Logrado, Sobresaliente*), reorientando el foco atencional del estudiante hacia la superación de sus propios obstáculos epistemológicos y la comprensión profunda de la ciencia.

VI. PERFIL DEL EGRESADO DEL PHPC

Al completar con éxito el Programa de Habilidades de Pensamiento Científico (PHPC), el estudiante de Curiosity Kairos habrá desarrollado una sólida autonomía intelectual y una estructura mental de alto rendimiento lógico. El perfil del egresado se caracteriza por las siguientes capacidades operacionales:

- **Rigurosidad Epistemológica y Demarcación Crítica:** Es capaz de decodificar y someter a juicio crítico cualquier enunciado explicativo del entorno físico o social, discriminando de forma autónoma entre conjeturas científicamente contrastables y afirmaciones pseudocientíficas. Domina los criterios de Bradford Hill para peritar y descartar correlaciones espurias, reconociendo la necesidad de explicitar un mecanismo plausible antes de asumir causalidades.
- **Autonomía en el Tránsito Semiótico Multi-Registro:** Resuelve problemas lógicos y abstractos mediante la movilización fluida entre múltiples formas de representación. Puede decodificar una gráfica cartesiana multivariable compleja, traducir sus variaciones a un modelo de ecuaciones algebraicas y explicar su comportamiento en una narrativa verbal rigurosa, detectando asíntotas, constantes y tasas de cambio con naturalidad.
- **Destreza en la Resolución Sistémica de Problemas:** Enfrenta las problemáticas ecológicas, tecnológicas y sociales del mundo actual con una visión sistémica compleja. Diseña modelos de bucles de influencia para representar dinámicas de retroalimentación, calcula el impacto de desfases temporales en la manifestación de perturbaciones y predice comportamientos de saturación y puntos críticos de quiebre (*tipping points*).
- **Sólida Competencia Argumentativa Basada en Evidencias:** Es capaz de estructurar discursos científicos de alto rigor formal bajo el Modelo de Toulmin, redactando textos explicativos donde cada afirmación teórica se apoya en evidencias empíricas (Datos) y principios validados (Garantía y Respaldo), delimitando con honestidad el alcance de sus conclusiones mediante cualificadores y condiciones de refutación.
- **Gobernanza Metacognitiva y Resiliencia Epistémica:** Ha consolidado un monitoreo consciente sobre sus propios procesos de pensamiento. Utiliza el error procedimental o de razonamiento como una oportunidad de autoanálisis cognitivo, gestiona activamente la frustración ante la incertidumbre científica y co-construye modelos teóricos de forma colaborativa, valorando la diversidad de perspectivas del aula virtual.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (APA 7.ª EDICIÓN)

- Astolfi, J.-P. (1997). *El «error», un medio para enseñar* (L. M. Villar, Trad.). Diada Editora. (Obra original publicada en 1997: *L'erreur, un outil pour enseigner*).
- Bradford Hill, A. (1965). The environment and disease: Association or causation? *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 58(5), 295–300. <https://doi.org/10.1177/003591576505800503>
- Bruner, J. S. (1976). *The process of education*. Harvard University Press.
- Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 4–58. <https://doi.org/10.1177/1529100612453266>
- Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano: Registros semióticos y aprendizajes intelectuales* (M. B. Vega, Trad.). Universidad del Valle. (Obra original publicada en 1995: *Sémiosis et pensée humaine: Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*).
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61(1–2), 103–131. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-0400-z>
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Giere, R. N. (1988). *Explaining science: A cognitive approach*. University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226292038.001.0001>
- Giere, R. N. (1992). Cognitive models of science. En R. N. Giere (Ed.), *Cognitive models of science* (Minnesota Studies in the Philosophy of Science, Vol. 15, pp. 3–20). University of Minnesota Press.
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-29014-0>
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (2007). Argumentation in science education: An overview. En S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 3–27). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6670-2_1
- Lawson, A. E. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(1), 11–24. <https://doi.org/10.1002/tea.3660150103>
- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in systems: A primer* (D. Wright, Ed.). Chelsea Green Publishing.
- National Research Council [NRC]. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For states, by states*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18290>
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2023). *PISA 2025 science framework*. OECD Publishing. <https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/>
- Popper, K. R. (1959). *The logic of scientific discovery*. Hutchinson & Co. (Obra original publicada en 1934: *Logik der Forschung*).
- Quintanilla-Gatica, M. R. (Ed.). (2014). *Las competencias de pensamiento científico desde las «emociones, sonidos y voces» del aula* (Vol. 8). Editorial Bellaterra.
- Roediger, H. L., & Karpicke, J. D. (2006). Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention. *Psychological Science*, 17(3), 249–255. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01693.x>
- Sardà Jorge, A., & Sanmartí Puig, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: Un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 405–422. <https://ddd.uab.cat/record/3224>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4

- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2010). *Cognitive load theory*. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument* (Ed. actualizada). Cambridge University Press. (Obra original publicada en 1958). <https://doi.org/10.1017/CBO9780511840005>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wenning, C. J. (2005). Levels of inquiry: Hierarchies of pedagogical practices and student activities. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 2(3), 3–11.
- Wenning, C. J., & Vieyra, R. E. (2015). *Teaching high school physics: Inquiry and reasoning* (Vols. 1–2). CreateSpace Independent Publishing Platform.