

ALLORA, UN SISTEMA DE DIAGNÓSTICO DEL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN ESTUDIANTES PARA UNA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR PERUANA

ALLORA, A DIAGNOSIS SYSTEM OF THE ACADEMIC PERFORMANCE IN STUDENTS FOR A PERUVIAN UNDERGRADUATE SCHOOL

Brandon Vicente Ramírez Romero

Universidad Católica Sedes Sapientiae, Perú
brandon.vicente@icloud.com

Marco Antonio Coral Ygnacio

Universidad Católica Sedes Sapientiae, Perú
mcoral@ucss.edu.pe

Recepción: 30/octubre/2020

Aceptación: 27/noviembre/2020

Resumen

La investigación presenta una propuesta para el diagnóstico del rendimiento académico en estudiantes de una institución de educación superior en Perú, se toma un enfoque holístico, humanístico e integral, priorizando una evaluación sobre los factores más comunes que influyen en el rendimiento académico, de tal manera que sea posible realizar una intervención rápida y oportuna que permita ayudar al estudiante tanto en el campo laboral como en el personal. El objetivo de esta investigación es la creación de un sistema experto capaz de evaluar los diferentes factores que pueden afectar el rendimiento académico de un estudiante, la lógica del sistema se basa en el razonamiento deductivo y reglas de inferencia, lo que permite entregar un diagnóstico multifactorial en periodos cortos de tiempo a fin de tomar acciones correctivas ágiles en el proceso educativo.

Palabras Clave: Diagnóstico multifactorial, razonamiento deductivo, rendimiento académico, sistema de diagnóstico, sistema experto.

Abstract

The research presents a proposal for the diagnosis of the academic performance in students of an undergraduate school in Peru, taking an holistic, humanistic and

integral approach, prioritizing an evaluation of the most common factors that influence academic performance, in such a way that it is possible to make a quick and timely intervention that will help the student to improve in both, as a worker and as a person. The objective of this research is the creation of an expert system capable of evaluating the different factors that can affect the academic performance of an student, the logic of the system is based on deductive reasoning and inference rules, which allows to deliver a multifactorial diagnosis in short periods of time in order to take agile corrective actions in the educational process.

Keywords: *Academic performance, deductive reasoning, diagnosis system, expert system, multifactorial diagnosis.*

1. Introducción

Las variables involucradas en el problema del bajo rendimiento académico manifiestan lazos increíblemente complejos, las cuales inherentemente se encuentran ligadas con quien lo obtiene, en este caso es el estudiante, quien a su vez es un ser humano, social y curioso por naturaleza, innatamente influye y es influenciado por su entorno, entonces, este problema no puede solucionarse solo cambiando docentes, ni comprando equipos costosos o sofisticados, mucho menos el incrementar las pruebas u horas de estudio, ya que esto solo genera una mayor presión sobre el estudiante que terminará estresado o desertando [Barrios, 2003]. Esta realidad se remonta a los orígenes de la educación misma y también puede ser comparado con una enfermedad crónica progresiva, dado que, si no se realiza una intervención oportuna y rápida, el estudiante puede quedar permanentemente afectado por algún problema interno o externo, manifestándose en el abandono de sus estudios o incluso desarrollar alguna patología psiquiátrica [Hernández, 2016]. La generación del conocimiento depende de su adquisición y el espacio donde se realiza [Reynoso, 2018], esto se verá afectado por diversas experiencias sensoriales capaces de modificar nuestra forma de comprender el mundo, las cuales son interpretadas mediante una gradiente de diversas emociones [Cowen, 2017] controladas por una región cerebral encargada de procesar la información sensorial, decisiones éticas y estados extracorporales [Lettieri, 2019], por lo tanto,

mientras seamos capaces de tener sentimientos, la información que podamos adquirir o decisiones que vayamos a tomar se verán afectadas en distintos grados por estos. Entonces, para comprender las causas del bajo rendimiento y lograr un cambio productivo en la educación, esta investigación considera los aspectos humanos del estudiante, el cual está sujeto a múltiples estados emocionales, grados de estrés, frustración, traumas, entre otros. De esta forma, se establece un enfoque holístico, humanístico e integral, tomando como base la interacción entre el estudiante y su entorno, complementándose en el hecho que todos los estudiantes reciben los mismos conocimientos o información, pero su disposición por destacar o ser mejores depende de las múltiples experiencias emocionales de cada uno.

2. Métodos

Se parte de tres métodos de diagnóstico identificados que sirven para la creación de la solución cuya función principal consiste en diagnosticar el rendimiento académico de los estudiantes:

- Pruebas estandarizadas: Como las pruebas PISA, ECE, EM, ICCS, LLECE, etc., que otorgan un puntaje para clasificar o comparar, se puede decir que son test basado en criterios de aplicación masiva [EduSkills OECD, 2011].
- Test basados en criterios: Conocidos como los exámenes “normales”, originalmente fueron diseñados con el objetivo de clasificar a los estudiantes [Álvarez, 1989].
- Métodos del diagnóstico médico: Adaptan los métodos más comunes de diagnóstico médico (método diferencial, presuntivo y de certeza) con el objetivo de conocer las causas y el “¿por qué?”, para tratar efectivamente algún problema que afecte al estudiante.

Para la elección del método es necesario analizar el modelo pedagógico empleado en los Centros de Educación Técnico-Productiva (CETPRO) del Perú, ya que es el tipo de institución educativa de donde partió la investigación, estas instituciones emplean el modelo de los cuatro aprendizajes [MINEDU, 2009] donde el estudiante durante su formación debe:

- Aprender a conocer: Se refiere a las actitudes y valores para comprender el mundo que nos rodea valorando el conocimiento e investigación.
- Aprender a ser: Se refiere a cultivar la integridad intelectual, afectiva y ética del estudiante como ser humano, miembro de una familia y ciudadano.
- Aprender a aprender: Se refiere a desarrollar las habilidades para procesar información de forma selectiva y eficiente, tomando en cuenta que siempre habrá algo nuevo por aprender en la vida.
- Aprender a hacer: Se refiere a crear conocimientos y evaluarlos conscientemente en la práctica con un comportamiento sociocultural y conociendo sus riesgos.

Todo esto bajo un enfoque pedagógico basado en competencias laborales, que contempla las competencias culturales (aprender a conocer), competencias afectivas (aprender a ser) y competencias productivas (aprender a aprender y aprender a hacer). Este enfoque contempla una evaluación permanente e integral de los estudiantes, donde también se evalúan sus actitudes e interacciones con su entorno, lo cual afecta directamente a sus resultados académicos.

A partir de estas consideraciones se determina que el método de diagnóstico presuntivo está alineado al modelo pedagógico de la Institución, ya que ayudará a identificar las causas del bajo rendimiento, por la delimitación realizada al establecer los factores medibles como “enfermedades comunes”. Se descarta el método diferencial porque requeriría la inclusión de todos los factores que influyen en el rendimiento académico, porque algunos pueden ser identificados, pero no pueden ser medidos fácilmente, mientras que otros no tienen una relación significativa con el rendimiento académico o no pueden ser modificados, además de incrementar la duración y/o costos del diagnóstico; mientras que el diagnóstico de certeza se entrega en base a los resultados.

Para la ejecución del diagnóstico, se requeriría la intervención de un experto, el cual se encuentra ligado a una disponibilidad muy baja y con un costo elevado por la cantidad de factores y dimensiones considerados, pero como se establece anteriormente, la solución debe ser de bajo costo y contar con una muy alta

disponibilidad, por lo tanto, se optará por la creación de un sistema de diagnóstico, que por su funcionalidad, es un tipo de sistema experto [Chacaltana, 2017].

Este tipo de sistema imita a un experto para evaluar una situación entregando una justificación o explicación a partir de una o varias soluciones propuestas, cuya arquitectura se muestra en la figura 1, su aplicación se fundamenta con diversas investigaciones cuyas soluciones o sistemas emplean una forma similar de razonamiento y bajo el método de encadenamiento hacia adelante, tienen diversas aplicaciones de diagnóstico que van desde la industria automotriz hasta la agricultura [Arias, 2013]; [Barrantes, 2015]; [Cabrera, 2014]; [Calisaya, 2016]; [Coral, 2014]; [Dávila, 2019] y [Naser, 2016].

Las variables involucradas en el rendimiento académico y consideradas para el modelo de diagnóstico se muestran en la figura 2.

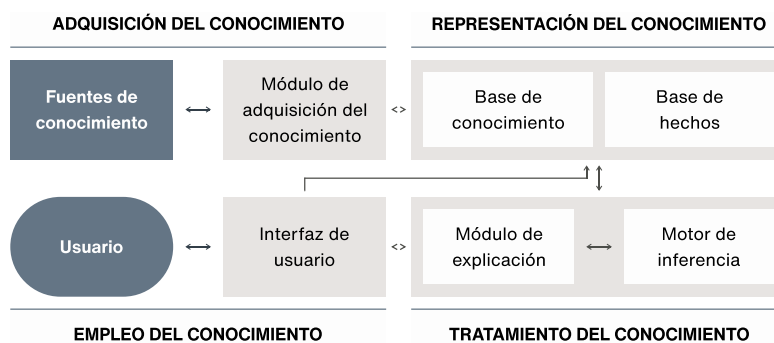


Figura 1 Arquitectura de un sistema experto [Sante, 2007].



Figura 2 Variables involucradas en el rendimiento académico.

En figura 2, se observa que las variables se clasifican por su naturaleza en dos grandes grupos: “Personales” y “Contextuales”, estos, a su vez se dividen en

diversos tipos de factores [Barrios, 2016]; [González, 2003]; [Hernández, 2015] y [Ortega, 2012], así, considerando cada variable involucrada en el rendimiento académico se establece el modelo de diagnóstico como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1 Factores, dimensiones y subdimensiones consideradas en el modelo.

ω_F	Factores	ω_D	Dimensiones	Subdimensiones
35%	Personales del estudiante	5%	Autoconcepto	Respuesta a situaciones académicas
				Compromiso
				Asertividad
		15%	Autoestima	Autoestima personal
				Autoestima social
				Autoestima familiar
		10%	Personalidad	Neuroticismo
				Extroversión
				Apertura a la experiencia
				Amabilidad
		10%	Bienestar psicosomático	Responsabilidad
				Auto aceptación
				Relaciones sociales
Crecimiento personal				
Manejo del ambiente				
Sentido de vida				
35%	Personales del estudiante	15%	Relaciones interpersonales	Autonomía
				Habilidades sociales básicas
				Comunicación expresiva
				Comportamiento prosocial y cooperación
		15%	Depresión	Anhedonia
				Disforia
				Apatía
		20%	Calidad de sueño	Tiempo de descanso
				Perturbaciones
				Dificultades
		10%	Estrés	Factor biológico
				Factor psicológico
				Factor sociocultural
30%	Proceso instructivo	35%	Metodología de enseñanza	Método deductivo
				Método inductivo
				Método analógico
		65%	Estilo de aprendizaje	Activo
				Reflexivo
				Teórico
20%	Ambiente directo	45%	Clima social familiar	Pragmático
				Relaciones internas
				Desarrollo personal
		35%	Clima académico	Estabilidad familiar
				Personalización
				Participación
				Independencia
		20%	Clima organizacional	Investigación
				Estructura
				Recompensa
				Interacciones
				Identidad
15%	Capacidad intelectual	-	Razonamiento abstracto / reconocimiento de patrones	

Para la construcción del modelo, mostrado en la tabla 1, se consideraron y adaptaron los instrumentos y soluciones de los siguientes investigadores por su aplicabilidad en el contexto objetivo de la investigación: Álvarez y Muñoz, 2016; Aparcana, 2017; Arévalo, 2018; Auria, 2017; Fisher y Fraser, 1985; Campos, 2018; Cumapa, 2017; Garcés, 2017; La Rosa y Ochoa, 2018; Lingan, 2017; Mendoza, 2012; Raven, 2008; Rojas, 2018; Sambuceti, 2015 y Tejada, 2018.

Algunas preguntas se muestran en la tabla 2 y su detalle operacional en la tabla 3, de estas, algunas cuentan con un filtro de direccionalidad inversa “L” donde, por ejemplo, existen tres respuestas: “Si”, “A veces”, “No”, normalmente valdrían 1, 2 y 3 respectivamente, pero si cuenta con este filtro sus valores serán 3, 2 y 1. De esta misma manera, la solución empleará como método el encadenamiento hacia adelante como se representa de forma gráfica en la figura 3.

Tabla 2 Preguntas y variables de la dimensión “autoconcepto”.

Subdimension	Pregunta		Valor de escala	Filtro “L”	Variable
Respuesta a situaciones académicas	P1	Termino completamente mis tareas, trabajos o proyectos	Frecuencia	No	V2
	P2	Presto atención a la clase	Frecuencia	No	
	P3	Hago mis tareas, trabajos o proyectos con dedicación	Frecuencia	No	
	P4	Me muestro seguro de mis tareas, trabajos o proyectos	Frecuencia	No	
	P5	Soy perseverante al desarrollar tareas, trabajos o proyectos	Frecuencia	No	
Compromiso	P6	Participo activamente durante las clases	Frecuencia	No	V3
	P7	Propongo ideas innovadoras para tareas, trabajos o proyectos tanto de su carrera como de la institución	Frecuencia	No	
	P8	Solicito fuentes de información complementarias o trabajos adicionales	Frecuencia	No	
	P9	Dedico tiempo a ayudar a mis colegas	Frecuencia	No	
	P10	Muestro interés en apoyar a realizar tareas, trabajos o proyectos de los demás	Frecuencia	No	
	P11	Muestro iniciativa o incito a realizar nuevas actividades	Frecuencia	No	
	P12	Hablo con los docentes acerca de temas personales para apoyo	Frecuencia	No	
	P13	Digo la verdad acerca de mi tarea, trabajo o proyecto (cumpla o no)	Frecuencia	No	
Asertividad	P14	Expreso claramente mis ideas	Frecuencia	No	V4
	P15	Me ofrezco primero para exponer o presentar tareas, trabajos o proyectos antes de los demás	Frecuencia	No	
	P16	Respondo coherentemente a las preguntas en clases	Frecuencia	No	
	P17	Formulo preguntas pertinentes o atinadas en clases	Frecuencia	No	

Tabla 3 Lógica operacional para el cálculo de variables.

Dimensión	Sub dimensiones	Variable	Características
Autoconcepto	[GENERAL]	V1	$\Sigma V2$ a $V4$
	Respuesta a situaciones académicas	V2	Σ [val(P1) a val(P5)]
	Compromiso	V3	Σ val(P6) a val(P13)
	Asertividad	V4	Σ val(P14) a val(P17)
Autoestima	[GENERAL]	V5	$V6 + V10 + V11$
	Autoestima personal	V6	Σ val(V7) a val(V9)
	Autoconfianza	V7	Σ val(P18) a val(P21)
	Capacidad de decisión	V8	Σ val(P22) a val(P24)
	Imagen personal	V9	Σ val(P25) a val(P28)
	Autoestima familiar	V10	Σ val(P29) a val(P34)
	Autoestima social	V11	Σ val(P35) a val(P39)
Personalidad	[GENERAL]	V12	$\max(\maxval(V13$ a $V17))$
	Neuroticismo	V13	Σ val(P40) a val(P51)
	Extroversión	V14	Σ val(P52) a val(P63)
	Apertura a la experiencia	V15	Σ val(P64) a val(P75)
	Amabilidad	V16	Σ val(P76) a val(P87)
	Responsabilidad	V17	Σ val(P88) a val(P99)

El modelo cuenta con un total de 555 preguntas, 13 dimensiones y 93 variables; la solución maneja 316 reglas que conforman la Base de Conocimiento, con un total de 309 posibles soluciones que se emplean para la redacción del diagnóstico en lenguaje natural, el resumen de esta lógica y la generación de reglas para el sistema experto se aprecia en la tabla 3 y tabla 4 respectivamente, también se detallan algunas soluciones en función al modelo en la tabla 5, a fin de entender la lógica del encadenamiento hacia adelante se muestra la ejecución básica para las variables “V1” y “V2” en la tabla 4. Por motivos de extensión, se muestra la lógica y soluciones de algunas de las dimensiones del factor “personales del estudiante”.

Tabla 4 Lógica operacional para la generación de soluciones.

Variable	Características	Regla	Condición (IF)	Salida (THEN)	Condición final
V1	$\sum_{j=2}^4 V_j = 43$	R1	$55 \leq V1 \leq 68$	S1	False
		R2	$41 \leq V1 \leq 54$	S2	True
		R3	$27 \leq V1 \leq 40$	S3	False
		R4	$13 \leq V1 \leq 26$	S4	False
		R5	$0 \leq V1 \leq 12$	S5	False
V2	$\sum_{i=1}^5 val(P_i) = 14$	R6	$16 \leq V2 \leq 20$	S6	False
		R7	$12 \leq V2 \leq 15$	S7	True
		R8	$8 \leq V2 \leq 11$	S8	False
		R9	$4 \leq V2 \leq 7$	S9	False
		R10	$0 \leq V2 \leq 3$	S10	False

Los pasos para realizar el diagnóstico se muestran en la figura 3, en resumen el proceso consiste en la carga de respuestas (datos), ejecutándose el filtro de

direccionabilidad inversa según sea el caso, luego se calcula el valor de cada variable (el cual representa una sub dimensión o dimensión), con estos valores las diferentes reglas generadas en la lógica del sistema son disparadas para establecer un diagnóstico buscado, para lo cual, las soluciones correspondientes son ordenadas para mostrarse en lenguaje natural dentro de la interfaz de usuario, algunas de estas soluciones se muestran en la tabla 5.

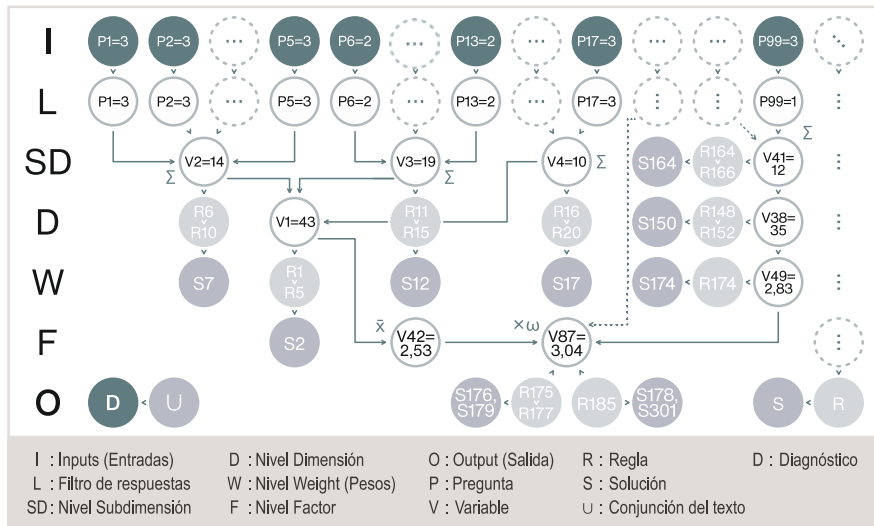


Figura 3 Modelo de razonamiento de la aplicación.

Tabla 5 Detalle de las soluciones del diagnóstico.

Variable	Solución	
V2	S6	La confianza en su habilidad académica es] muy buena, no presenta problemas en este aspecto
	S7	La confianza en su habilidad académica es] buena, no presenta problemas mayores en este aspecto, pero puede mejorar estudiando más
	S8	La confianza en su habilidad académica es] regular, necesita mejorar, podría adoptar una conducta proactiva y transformar sus ideas en acciones
	S9	La confianza en su habilidad académica es] mala, se recomienda actuar de forma diferente, puede intentar adoptar una conducta proactiva y alejarse del miedo a cometer errores
	S10	La confianza en su habilidad académica es] muy mala, necesita empezar a trazar metas u objetivos pequeños incrementando progresivamente su complejidad para empezar un cambio permanente

3. Resultados

Para probar la lógica de la aplicación se toma como muestra a cinco estudiantes aleatorios de la institución bajo consentimiento propio, cuyos códigos, por motivos

de privacidad, son: “alpha” (α), “bēta” (β), “gamma” (γ), “delta” (δ) y “épsilon” (ϵ); con lo que se generó una base de hechos alojadas en la base de datos de la aplicación, algunos de estos datos se muestran en la figura 4.

Factor: Personales del estudiante											
V1	43	47	46	49	40	V25	75	62	73	74	60
V2	14	15	17	18	10	V26	21	18	20	24	18
V3	19	22	21	21	21	V27	18	14	14	14	13
V4	10	10	8	10	9	V28	18	14	20	17	16
V5	17	18	17	17	14	V29	18	16	19	19	13
V6	8	9	8	9	7	V30	25	25	21	23	25
V7	3	4	4	3	3	V31	8	7	8	10	7
V8	2	3	1	3	2	V32	11	9	10	8	12
V9	3	2	3	3	2	V33	6	9	3	5	6
V10	4	5	5	4	5	V34	9	13	11	12	1
V11	5	4	4	4	2	V35	3	3	3	0	0
V12	36	39	35	37	33	V36	4	8	6	11	1
	0;1	0;1;2	0;1	0;1	0;1	V37	2	2	2	1	0
V13	22	17	19	22	20	V38	35	27	25	27	22
V14	36	39	30	37	33	V39	6	7	2	3	2
V15	32	33	32	29	31	V40	17	10	12	14	8
V16	34	32	35	30	31	V41	12	10	11	10	12
V17	36	34	30	36	29	V42	2.53	2.76	2.71	2.88	2.35
V18	77	77	64	75	61	V43	3.09	3.27	3.09	3.09	2.55
V19	14	13	13	10	9	V44	2.40	2.60	2.33	2.47	2.20
V20	14	14	7	14	12	V45	3.67	3.67	3.05	3.57	2.90
V21	14	13	12	13	10	V46	3.13	2.58	3.04	3.08	2.50
V22	13	14	10	12	10	V47	2.75	2.75	2.95	2.85	2.75
V23	10	12	12	13	9	V48	3.44	3.19	3.31	3.25	3.94
V24	12	11	10	13	11	V49	2.83	3.10	3.17	3.10	3.27
	α	β	γ	δ	ϵ		α	β	γ	δ	ϵ

Regla Condición Solución * * * * *

R01 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R02 0x0x0x0 0x 1 1 1 1 1

R03 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R04 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R05 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R06 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R07 0x0x0x0 0x 1 1 0 0 0

R08 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R09 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R10 0x0x0x0 0x 1 1 1 1 1

R11 0x0x0x0 0x 1 1 1 1 1

R12 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R13 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R14 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R15 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R16 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R17 0x0x0x0 0x 1 1 0 0 0

R18 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R19 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R20 0x0x0x0 0x 1 1 1 1 1

R21 0x0x0x0 0x 1 1 1 1 1

R22 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R23 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R24 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R25 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R26 0x0x0x0 0x 1 1 1 1 1

R27 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R28 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R29 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R30 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R31 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R32 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R33 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R34 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R35 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R36 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R37 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R38 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R39 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R40 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R41 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R42 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R43 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R44 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R45 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R46 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R47 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R48 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R49 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R50 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R51 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R52 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R53 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R54 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R55 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R56 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R57 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R58 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R59 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R60 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R61 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R62 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R63 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R64 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R65 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R66 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R67 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R68 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R69 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R70 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R71 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R72 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

R73 0x0x0x0 0x 0 0 0 0 0

Figura 4 Valores obtenidos a partir del procesamiento de respuestas de los estudiantes.

En la tabla 6, se muestran las reglas disparadas y la inferencia realizada para el uno de estos estudiantes, donde se observa que según los valores obtenidos para las diferentes variables se disparan las reglas y se asignan las soluciones correspondientes. Además de los resultados mostrados, se realizaron medidas adicionales al factor “Ambiente directo” [Barrett, 2015], como complemento al diagnóstico a fin de determinar problemas en las aulas y talleres donde se imparte el programa académico obteniendo los siguientes resultados:

- Calidad del aire: Empleando el sensor de control de calidad de aire MQ135 de Hanwei Electronics [Hayden, 2017], se encontraron niveles normales de contaminación con un pico máximo de 566 partículas por millón (PPM) en las aulas y en los talleres se obtuvo en promedio 823PPM, concluyendo que no se presentan riesgos para la salud cognitiva de los estudiantes, se debe indicar que en los talleres se emplean equipos de protección [National Institute for Occupational Safety and Health, 2019] y [Pinzón, 2018].

Tabla 6 Ejecución del algoritmo para el caso de un estudiante aleatorio de la prueba.

Reglas disparadas	Soluciones
R2, R7, R12, R17, R21, R26, R30, R33, R36, R38, R41, R50, R55, R61, R66, R71, R74, R79, R81, R83, R85, R87, R89, R92, R96, R102, R107, R112, R118, R123, R127, R131, R134, R139, R140, R144, R150, R153, R159, R162, R164, R172, R174, R176, R178, R179, R181, R184, R188, R191, R192, R193, R194, R201, R204, R209, R227, R231, R235, R238, R240, R242, R245, R247, R250, R251, R253, R256, R257, R260, R262, R264, R269, R272, R275, R278, R282, R287, R292, R297, R301, R311, R314	S2, S7, S12, S17, S21, S26, S30, S33, S36, S38, S41, S50, S55, S61, S66, S71, S74, S79, S81, S83, S85, S87, S89, S92, S96, S102, S107, S112, S118, S123, S127, S131, S134, S139, S140, S144, S150, S153, S159, S162, S164, S172, S174, S176, S178, S179, S180, S183, S184, S186, S189, S193, S196, S197, S198, S199, S206, S209, S214, S220, S224, S228, S231, S233, S235, S238, S240, S243, S244, S246, S249, S250, S253, S255, S257, S262, S265, S268, S271, S275, S280, S285, S290, S294, S301, S307

- Calidad lumínica: Empleando el luxómetro de alta resolución BH1750FVI de ROHM Co. Ltd., se encontraron niveles de iluminación sobre la superficie de trabajo promedio de 424 lux para las aulas de clase y 581 lux para los talleres, siendo estos resultados mayores a los valores mínimos recomendados [National Optical Astronomy Observatory, 2016].
- Confort higrotérmico: Empleando el sensor ambiental calibrado de alta precisión BME280 de Bosch Sensortec GmbH, se midió rango térmico típico de 18 y 25 °C con una temperatura exterior promedio de 16 °C, además de una humedad relativa promedio del 50%, por lo tanto, el confort dentro de las aulas es bueno [Ré, 2017]; [ANSI/ASHRAE 55, 2017]; [ISO 7730, 2005] e [IRAM 11659-1, 2004].
- Contaminación auditiva. Empleando la aplicación NIOSH para dispositivos iOS en un iPhone X con un filtro C, previamente calibrada, probada y validada por el desarrollador con una desviación máxima de 2 decibeles ponderados (dBA), empleando mediciones de 5 minutos, se tuvo como resultado un promedio de 62 dbA durante las clases, esto se encuentra dentro de los límites permisibles para conversaciones claras y seguras en aulas de clase [Ercoli, 1998] y [Nespoli, 2013]; [ANSI S12.19, 2008] e [ISO 9612, 2010].

En base a estos resultados podemos afirmar que el ambiente directo no influye en el diagnóstico realizado a partir del modelo propuesto.

En las figuras 5 y 6 es necesario destacar que los nombres son aleatorios para proteger la privacidad del estudiante, donde se muestran los resultados obtenidos por el sistema experto, donde la lista de soluciones es concatenada empleando el lenguaje natural, lo que se aplica para todas las secciones del diagnóstico.

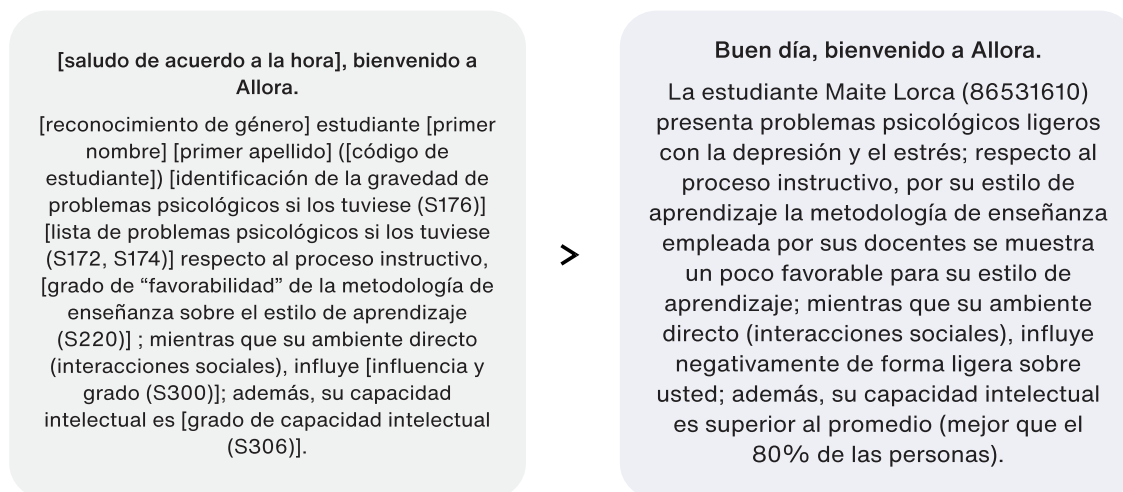


Figura 5 Creación de las oraciones para el resumen del diagnóstico.

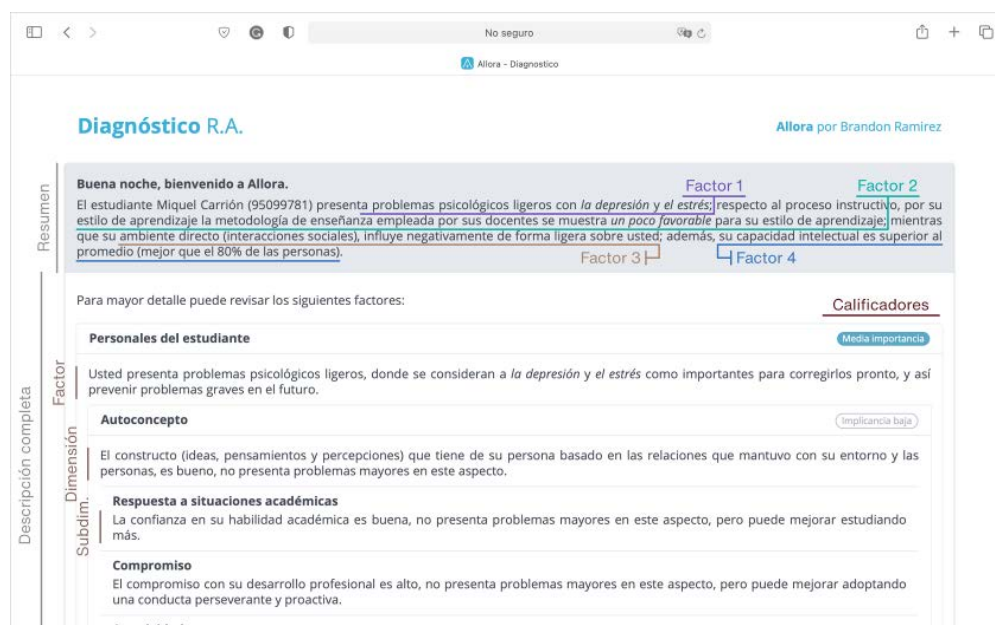


Figura 6 Integración de las oraciones y secciones en el diagnóstico.

El sistema experto fue desarrollado empleando los lenguajes de programación HTML, CSS, PHP y JavaScript (Síncrono y Asíncrono, con XML), respetando la metodología de Weiss y Kulikowski para el desarrollo de sistemas expertos [Weiss, 1984], aunque también por el método de Craig Larman [Larman, 1999]; además presenta una interfaz de usuario minimalista, adaptable y compatible con la mayoría de los dispositivos móviles, PC de escritorio y portátiles.

4. Discusión

Los resultados obtenidos muestran que los factores identificados en el modelo son válidos, el jefe del Área Académica y director del CETPRO Tarma quedaron satisfechos teniendo como desafío la respuesta de la institución ante los diagnósticos obtenidos, también se debe considerar que las mediciones realizadas a las dimensiones adicionales del factor “Ambiente directo” determinaron que no son factores que afectan al rendimiento académico dentro de la institución con resultados consistentes durante un periodo de medición de 7 días, por tanto se descarta que estos factores afectan el rendimiento académico, cabe aclarar que estas mediciones fueron realizadas antes de la declaración del estado de emergencia dentro del territorio peruano por la pandemia del virus SARS-CoV-2.

Otro punto por considerar es que, a raíz de la pandemia las clases son realizadas de forma virtual, manteniendo al estudiante en casa, debido a ello las mediciones a las dimensiones adicionales del factor “Ambiente directo” pueden variar drásticamente por el cambio sucedido, entorno familiar cercano y nuevas costumbres adoptadas a partir de este cambio.

Respecto a la solución, se consideraron la mayoría de los factores que influyen en el rendimiento académico con una posibilidad de medición rápida y económica para realizar una intervención oportuna en el estudiante, reduciendo así el tiempo de intervención a favor del estudiante.

5. Conclusiones

Los conocimientos de experto para la construcción del sistema se obtuvieron de las investigaciones revisadas, por experiencia y diversas consultas a especialistas

relacionados a cada campo como psicólogos, médicos, ingenieros de sistemas, docentes de la institución y personal del área académica en la institución de donde partió la investigación, el CETPRO Tarma, se concluye que el conocimiento experto existe como tal pero el problema en la obtención de dicho conocimiento es la estructuración del mismo, en variables y modelos acordes al problema a tratar. Finalmente, se logró el objetivo propuesto, que es la creación del sistema de diagnóstico, a partir de este aporte se aborda el problema del rendimiento académico desde un nuevo punto de vista donde el rendimiento del estudiante es afectado por problemas internos e interacciones con el mundo exterior, es posible realizar expansiones al modelo o al sistema, involucrando más factores según se definan formas de medición más accesibles, con esta propuesta se abre una nueva posibilidad de realizar cambios en estos procesos de diagnóstico que beneficie a los estudiantes con bajo rendimiento y los ayuden en su desarrollo integral.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Álvarez, A. y Muñoz, E. Calidad del sueño y rendimiento académico en estudiantes de medicina de la Universidad de Cuenca marzo–agosto 2015. Tesis de titulación en Medicina. Ecuador: Universidad de Cuenca. 2016.
- [2] Álvarez, V. Una estrategia de diagnóstico del rendimiento académico. Los test basados en criterios. *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria de Didáctica*, 7. 1989.
- [3] Aparcana, F. La depresión y el rendimiento académico en los estudiantes de la Carrera de Gestión y Negocios del Instituto Superior Sistema Informativo y Soporte Estudiantil (SISE), sede SJL, 2016. Tesis de Maestría en Ciencias de la Educación con mención en Docencia Universitaria. Perú: Universidad Cesar Vallejo. 2017.
- [4] Auria, B. Clima de aula, motivación por el aprendizaje y su relación con el rendimiento académico en la especialidad de Psicología Clínica de la Universidad Técnica de Babahoyo Extensión Quevedo, provincia de Los Ríos. Tesis de Doctorado en Educación. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2017.

- [5] Arévalo, R. Relaciones Interpersonales y el rendimiento académico en el área de comunicación en los estudiantes del cuarto grado de secundaria, 2018. Tesis de Maestría en Administración de la Educación. Perú: Universidad Cesar Vallejo. 2018.
- [6] Barrett P., Davies F., Zhang Y. y Barrett L. The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. *Building and Environment*, 89(2015), 118-133. 2015.
- [7] Barrios, M. y Frías, M. Factores que influyen en el desarrollo y rendimiento escolar de los jóvenes de bachillerato. *Revista Colombiana de Psicología*, 25(1), 63-82. 2016.
- [8] Campos, D. Bienestar psicológico en estudiantes (según semestre de estudios y género) de una Universidad Privada de Lima. Tesis de titulación en Psicología. Perú: Universidad Ricardo Palma. 2018.
- [9] Coral, M. y García, R. Un sistema experto para diagnosticar enfermedades comunes. Caso: Hospital Rezola de Cañete. 2014.
- [10] Cowen, A. y Keltner D. Self-report captures 27 distinct categories of emotion bridged by continuous gradients. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(38), E7900-E7909. 2017.
- [11] Cumapa, M. Relación entre la metodología de enseñanza con el rendimiento académico de los estudiantes de la institución educativa N° 0180 "Señor de los Milagros" Bellavista, 2016. Tesis de Maestría en Educación con mención en Docencia Gestión Educativa. Perú: Universidad Cesar Vallejo. 2017.
- [12] Dávila, H. y Nomberto, L. Diseño e implementación de un sistema experto para el diagnóstico de enfermedades gastroenterológicas en el Hospital Provincial Docente Belén - Lambayeque 2014. Tesis de titulación en Ingeniería en Computación e Informática. Perú: Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". 2019.
- [13] Estándar ISO 9612. Acústica. Determinación de la exposición al ruido laboral. Método de ingeniería [NTP-ISO 9612-2010]: https://www.academia.edu/9753456/Determinaci%C3%B3n_de_la_exposici%C3%B3n_a_ruido_laboral_ISO_9612_2010. 2010.

- [14] EduSkills OECD. PISA - Measuring student success around the world [Archivo de video]: <https://youtu.be/q1I9tuScLUA>. December, 2011.
- [15] Ercoli L., Azzurro A., Méndez A. y Stornini J. Caracterización Sonora de Aulas: Un estudio de los principales parámetros acústicos en aulas argentinas: <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/aulas.pdf>. 1998.
- [16] Estándar ANSI S12.19. Guía para la evaluación del factor de riesgo ruido: <https://ecohigieneindustrial.com/docs/GUIA%20PARA%20EVALUACION%20FACTOR%20DE%20RIESGO%20RUIDO.pdf>. 2008.
- [17] Estándar ANSI/ASHRAE 55. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy: https://www.researchgate.net/profile/Maged_Mikhael/post/Does_anyone_have_the_ISO_10551_and_ASHRAE_STANDARD_55-2013/attachment/5c532ccdfe4a781a57ba5f9/AS%3A721182978473984%401548954829361/download/ASHRAE+55+%2C+17.pdf. 2017.
- [18] Estándar IRAM 11659-1. Aislamiento térmico de edificios. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/387937181/IRAM-11659-1>. 2004.
- [19] Estándar ISO 7730. Ergonomía del Ambiente Térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD, y los criterios de bienestar térmico local (ISO 7730:2005, IDT): https://www.academia.edu/33574471/NTE_INEN_ISO_7730_unidov_AMBIENTE_TERMICO. 2005.
- [20] Fisher, D. y Fraser, B. Using Short Forms of Several Classroom Environment Scales to Assess and Improve Classroom Psychosocial Environment. 1985.
- [21] Garcés, L. Relación entre el clima social familiar y el rendimiento académico del alumnado de primero y segundo grado de secundaria de la I.E. Particular Virgen de la Puerta – 2015. Tesis de titulación en Psicología. Perú: Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. 2017.
- [22] Gonzales, J. El rendimiento escolar. Un análisis de las variables que lo condicionan. *Revista Galego-Portuguesa de Psicoloxía e Educación*, 7(8), 1138-1663. 2003.
- [23] Hayden, S. Estudio advierte sobre los efectos de la contaminación en el bajo rendimiento escolar. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

- PUCV: <http://www.pucv.cl/uuaa/facea/noticias/estudio-advierte-sobre-los-efectos-de-la-contaminacion-en-el-bajo/2017-10-25/125049.html>. 2017.
- [24] Hernández Herrera, C. A. Diagnóstico del rendimiento académico de estudiantes de una escuela de educación superior en México. *Revista Complutense de Educación*, 27(3): https://doi.org/10.5209/rev_rced.2016.v27.n3.48551. 2016.
- [25] Hernández, C. Diagnóstico del rendimiento académico de estudiantes de una escuela de educación superior en México. *Revista Complutense de Educación*, 27(3), 1369-1388. 2015.
- [26] La Rosa, S., y Ochoa, G. Estrés y rendimiento académico en estudiantes del Nivel Secundaria de Socos, Ayacucho - 2018. Tesis de Maestría en Psicología Educativa. Perú: Universidad Cesar Vallejo. 2018.
- [27] Larman, C., Hernández Rodríguez, L. y Cárdenas Anaya, H. UML Y Patrones: introducción al análisis y diseño orientado a objetos. México: Prentice Hall. 1999.
- [28] Lettieri, G. et al. Emotionotopy in the human right temporo-parietal cortex. *Nature Communications*, 2019(10). 2019.
- [29] Lingan, F. Autoestima y su relación con la felicidad en cónyuges de la Iglesia Adventista del Séptimo Día del distrito Misionero de Huaycán, Lima, 2017. Tesis de Maestría en Ciencias de la Familia con mención en Terapia Familiar. Perú: Universidad Peruana Unión. 2017.
- [30] Mendoza, M. Clima organizacional y rendimiento académico en estudiantes del tercero de secundaria en una institución educativa de Ventanilla. Tesis de Maestría en Educación con mención en Evaluación y Acreditación de la Calidad de la Educación. Perú: Universidad San Ignacio De Loyola. 2012.
- [31] Ministerio de Educación (MINEDU). Educación técnica productiva: Guía de evaluación para la educación técnica productiva: <http://repositorio.minedu.gob.pe/handle/123456789/3687>. 2009.
- [32] Naser, S. y AlMursheidi, A. An expert system for nausea and vomiting problems in infants and children. *International Journal of Medicine Research*, 1(2), 114-117. 2016.

- [33] National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards: <https://www.cdc.gov/niosh/npg/default.html>. 2019.
- [34] National Optical Astronomy Observatory (NOAO). Niveles de iluminación recomendados: https://www.noao.edu/education/QLTkit/es/Safety_Activity_Poster/LightLevels_outdoor+indoor_es.pdf. 2016.
- [35] Nespoli G., Behar A. y Russo F. Validation of the CSA Z107.56 standard method for the measurement of noise exposure from headsets. *Journal of the Canadian Acoustical Association*, 41(3), 1-60: https://www.researchgate.net/publication/236664211_Validation_of_the_CSA_Z10756_standard_method_for_the_measurement_of_Noise_Exposure_from_headsets. 2013.
- [36] Ortega, V. Hábitos de estudio y rendimiento académico en estudiantes de segundo de secundaria de una institución educativa del Callao. Tesis de Maestría en Educación con mención en Evaluación y Acreditación de la Calidad de la Educación. Perú: Universidad San Ignacio De Loyola. 2012.
- [37] Pinzón, A., Castillo, M., González, E., Araúz, J. y Villarreal, V. Sistema de detección de sustancias y partículas contaminantes para el ambiente a través de sensores arduino. *Revista de Iniciación Científica*. 4, 1 (oct. 2018), 55-59. DOI: <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.1.1868>. 2018.
- [38] Raven, J. The Raven progressive matrices tests: their theoretical basis and measurement model. *Uses and Abuses of Intelligence: Studies Advancing Spearman and Raven's Quest for Non-Arbitrary Metrics*. Raven J. & Raven J, 17-68. 2008.
- [39] Ré, Filippín y Blasco. Niveles de confort térmico en aulas de dos edificios escolares del área Metropolitana de San Juan. *Acta de la XL Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente*, 5, 97-108. 2017.
- [40] Reynoso, O. y Méndez, T. ¿Es posible predecir el rendimiento académico? La regulación de la conducta como un indicador del rendimiento académico en estudiantes de educación superior. *Diálogos sobre educación. Temas actuales en investigación educativa*, 9(16), 2007-2171. 2018.

- [41] Rojas, R. Relación entre los estilos de aprendizaje y rendimiento académico de los estudiantes de ingeniería económica en una universidad pública de Lima. Tesis de Maestría en Educación con mención en Docencia e Investigación en Educación Superior. Perú: Universidad Cesar Vallejo. 2018.
- [42] Sambuceti, P. Perfil de autoconcepto académico de los alumnos de 1° a 4° grado de primaria de un colegio especializado en problemas de aprendizaje. Tesis de Maestría en Educación con Mención en Teorías y Práctica Educativa. Perú: Universidad de Piura. 2015.
- [43] Sante, L. y Coral, M. Un Sistema Experto de Ayuda para el Ingreso de notas en la FCACE. XIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, 1123-1133. 2007.
- [44] Tejada, L. La Personalidad y el rendimiento académico en estudiantes de Medicina de una Universidad del Perú, 2017. Tesis de Maestría en Docencia Universitaria. Perú: Universidad Cesar Vallejo. 2018.
- [45] Weiss, S. y Kulikowski, C. A practical guide to designing expert systems. Universidad de California, Rowman & Allanheld. 1984.