

# Aplicación de un modelo para determinar curva de aprendizaje en aprendices del Técnico en Mantenimiento e instalación de sistemas solares fotovoltaicos

## *Application of a model to determine learning curve in Technical learners in Maintenance and installation of photovoltaic solar systems*

ROSANA ROBERTO SAMACA<sup>1</sup>

PEDRO TOBIÁS MARIÑO HERNÁNDEZ<sup>2</sup>

OSCAR WILLIAM VERGARA ROMERO<sup>3</sup>

OCTAVIO ROBERTO VILLANUEVA GUZMÁN<sup>4</sup>

### RESUMEN

El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), a través del Centro Agroturístico, proporciona la formación en el técnico: Instalación y mantenimiento de sistemas solares fotovoltaicos, una forma de demostrar la idoneidad de las personas con la formación adecuada es mediante la curva de aprendizaje. De acuerdo con Aragón (2013), es la capacidad y la dedicación de los aprendices para hacer las cosas de acuerdo con un montaje expuesto, dependiendo de tiempos necesarios para cumplir el objetivo, dado que al realizar repetidas veces el mismo montaje, sus tiempos disminuyen igual que sus costos, esto hace que la evaluación estratégica de la eficiencia de esta metodología, sea apropiada y aumente la demanda y participación de aprendices que suplan las necesidades del mercado.

Para este caso, aplicar la curva de aprendizaje mejora procedimentalmente los montajes prácticos de los aprendices en su etapa lectiva y demuestra el dominio de las competencias que se imparten, consiguiendo confianza de empresarios y nuevas iniciativas de emprendimiento.

**Palabras clave:** Curva de aprendizaje, repetición, montaje, competencias, emprendimiento.

Recibido: 25/09/2018 Devuelto para revisión: 13/11/2018 Aceptado: 22/11/2018.

### SUMMARY

*The SENA, through the Centro Agroturístico, provides training in: technician in stallation and maintenance of photovoltaic solar systems, a way to demonstrate the suitability of people with proper training is through the learning curve; according to Aragón (2013), It is the ability and dedication of the apprentices to do things according to an exposed montage, depending on the time needed to achieve the objective, where by repeatedly making the same montage, their times decrease as well as their costs, this makes the strategic evaluation of the efficiency of this methodology, is appropriate and increases the demand and participation of apprentices that meet the needs of the market.*

*For this case, apply the learning curve, procedurally improve the practical assemblies of the apprentices, in their school stage, demonstrating the mastery of the skills that are imparted, getting confidence of entrepreneurs, and new entrepreneurship initiatives.*

**Keywords:** Learning curve, repetition, assembly, competences, entrepreneurship.

<sup>1</sup> Aprendiz Técnico en implementación y mantenimiento de equipos electrónicos industriales. C.C.: 40024789, Calle 16 No. 14-28 3143673227 Socorro Santander Colombia. romaro0909@gmail.com.

<sup>2</sup> Instructor, técnico en mantenimiento e instalación de sistemas solares fotovoltaicos. C.C.: 6774848, Calle 16 No. 14-28 3143673227 Socorro Santander Colombia. pedrotobias66@gmail.com

<sup>3</sup> Investigador Semillero Biomeca, Grupo GITIP-MB, Centro Agroturístico. C.C.: 1100292567, Calle 22 No. 9-82 3168564470 San Gil Santander Colombia. overgarar@sena.edu.co

<sup>4</sup> Líder Semillero Biomeca, Investigador SENNOVA, Grupo GITIP-MB, Centro Agroturístico. C.C.: 80.098.062, Calle 3 No. 8-57 3005466648 Socorro Santander Colombia. octaviovilla@misena.edu.co.

## INTRODUCCIÓN

La curva de aprendizaje busca mejorar los procesos repetitivos de un trabajador y disminuir tiempos para aumentar la productividad (Martin, 2018), su aplicación se orienta para determinar si aquella persona es competente, enfocándose en su propia experiencia que se refleja en la destreza para completar volúmenes producidos. Dependiendo de esas respuestas, se utilizan recomendaciones para optimizar los tiempos de desempeño y generar nuevas técnicas de elaboración (Silva, Ballesteros y Jaramillo, 2005).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente se implementó un estudio, aplicando los conceptos y métodos de la Curva de Aprendizaje a un interés pedagógico, que complementa al aprendizaje basado por proyectos, conforme a los parámetros del modelo pedagógico de la formación integral (SENA Modelo Pedagógico, 2012), obteniendo una mayor efectividad en contextos productivos conforme a los criterios de diseño y de ensamble de un producto. (SENA Informe de Gestión, 2011-2012).

En el ejercicio de enseñanza – aprendizaje – evaluación del aprendiz del programa técnico en Instalación y mantenimiento de sistemas solares fotovoltaicos, que imparte el Centro Agroturístico, se desarrollan ciclos de montajes eléctricos, de acuerdo con la competencia: Instalar redes eléctricas según el diseño requerido, relacionando el montaje de paneles solares con el sistema eléctrico de las locaciones existentes, aprovechando la luz solar para las necesidades eléctricas en los usos agropecuarios y comerciales. Sin embargo, no se ha realizado un estudio que describa cuántos intentos realiza un aprendiz para montar un sistema fotovoltaico de calidad, de acuerdo con su aprendizaje, por esto se plantea la siguiente pregunta: ¿En cuánto tiempo un aprendiz puede implementar un montaje eléctrico, capaz de satisfacer las necesidades de calidad, solicitadas por el programa de formación: Instalación de sistemas solares fotovoltaicos, en el centro Agroturístico?

En ese orden de ideas, el objeto de esta investigación es aplicar una metodología para determinar el grado de asimilación de los conocimientos teóricos y prácticos, empleando las teorías y métodos de la curva de aprendizaje, como mecanismo de apropiación de los conocimientos por parte de los aprendices del técnico: Instalación y mantenimiento en sistemas solares fotovoltaicos, en el centro Agroturístico-SENA, sede El Socorro, para ello se desarrollaron los siguientes objetivos específicos a saber:

- Establecer la curva de aprendizaje de acuerdo con el tiempo de enseñanza-aprendizaje-evaluación de la competencia: instalar redes eléctricas de acuerdo con el diseño requerido.
- Determinar las ecuaciones pertinentes en la investigación de las curvas de aprendizaje.
- Identificar la disminución de tiempos en la ejecución de los montajes propuestos de acuerdo con actividad de aprendizaje.

Para abordar el concepto de curvas de aprendizaje es necesario remontarnos a una publicación en 1936 donde TP Wright mencionado por Roncancio, Reina, Hualpa, Felizzola y Arango (2017) en el que refieren que el tiempo destinado a una operación que se repite varias veces, disminuye, gracias a esta acción repetitiva, su aplicación es ampliamente usada en la mayoría de los sectores que involucran perfeccionamiento y reducción de los tiempos para disminuir las etapas de aprendizajes iniciales en cualquier labor por ejecutar (Latiff, 2005). Es por ello que las actividades académicas que involucran adicionalmente una etapa práctica, como sucede en instituciones que capacitan y entrenan para el trabajo, propenden por mejorar procesos técnicos aplicados a contextos productivos, para incrementar los niveles de calidad y efectividad en que se realizan esos procedimientos iterativos.

Para determinar la efectividad y la calidad de ejecución de la labor de los aprendices, se aplicó el método logarítmico como herramienta básica para

construir la Curva de Aprendizaje, de acuerdo con Krajewski & Ritzman (como se citó en Chango & Zambrano, 2014) mencionan que por este método se determina el índice de aprendizaje “n” que se encuentra al desarrollar la Ecuación (1).

$$Y = K * X^n \quad (1)$$

En donde:

Y = Tiempo acumulado promedio para X unidades

K = Tiempo teórico en completar la primera unidad

X = Número de unidades producidas igual al número de ciclos

n = Exponente que representa la pendiente de la recta logarítmica, se le conoce como índice de aprendizaje

A la Ecuación (1) se le aplica logaritmicación por el método de igualación, obteniendo la Ecuación (2), hasta hacerla equivalente a la ecuación de la línea recta, Ecuación (3).

$$Y = K * X^n \quad (1)$$

$$\log Y = \log(K * X^n)$$

$$\log Y = \log K + \log X^n$$

$$\log Y = \log K + n \log X \quad (2)$$

$$Y = K + nX \quad (3)$$

Por tanto, en la Ecuación (3), se utiliza para realizar el tratamiento de los datos obtenidos, en la hoja de cálculo de Excel 2013 (Microsoft Corporation, 2012).

## METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó para esta investigación, se describe a continuación (Figura 1.).

Figura 1. Diagrama metodológico para la aplicación de las curvas de aprendizaje



Fuente: Autores

*Etapa de selección de aprendices para prueba.* Para seleccionar los aprendices candidatos que ejecutaron los montajes para la determinación de las curvas de aprendizaje, se realizó una prueba piloto en la que participaron 18 aprendices de 23 aprendices asistentes del Técnico en Mantenimiento e Instalación de Sistemas Solares Fotovoltaicos, la selección en este punto se hizo de forma participativa no obligatoria.

*Selección de circuito para prueba piloto.* De acuerdo a la norma de competencia laboral: Instalar redes eléctricas de acuerdo con el diseño eléctrico, (SENA Norma de Competencia Laboral 280101054, 2013), los aprendices candidatos debían ensamblar circuitos eléctricos que cumplieran con parámetros de alambrado de tuberías conforme a planos de diseño eléctrico entregados.

Por lo tanto dentro de los montajes sugeridos para el aprendizaje del técnico mencionado, se escogió un (1) plano de diseño para realizar su montaje; conforme a el tiempo y a la calidad en la entrega de ese ensamble circuital, en esa prueba piloto determino quiénes desarrollarían la ejecución de los montajes y registro de tiempos, para precisar los procedimientos y la logística necesaria, en dirección de detectar las dificultades para corregirlas llegado el momento de la ejecución final (Stake, 1999).

Se escogieron tres (3) aprendices para realizar la ejecución de los montajes y registro de tiempos, teniendo en cuenta sus desempeños en la prueba piloto, clasificando a cada uno de ellos en una sola habilidad: baja, intermedia y alta. Esto nos permite determinar las curvas de aprendizaje en cada matiz de destrezas y observar sus comportamientos.

*Etapa de ejecución de los montajes y registro de tiempos.* Se dispuso de los aprendices finalistas para el desempeño de esta etapa, los esquemas circuitales, materiales y herramientas necesarios para la ejecución de cada uno de los montajes, quienes realizaron por tres oportunidades cada uno de ellos, registrando los tiempos de ejecución, el número de veces en que no funciona cada uno de los montajes; cabe destacar que se volvió a explicar sobre los montajes en cada ocasión y de esta forma el aprendiz pudo superar con acierto la actividad (Figura 2., y Figura 3.).

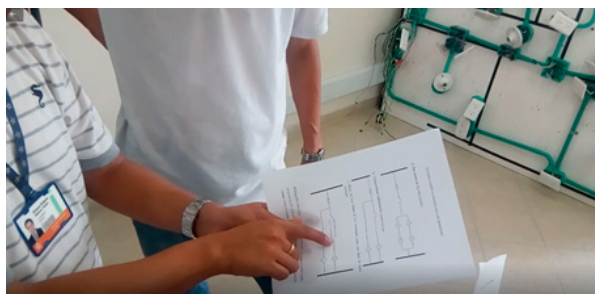
Figura 2. Instructor con los aprendices finalistas



*Fuente: Autores*

En el momento de la prueba, se les suministró los materiales y los esquemas de tres circuitos diferentes con tres grados de dificultad, empezando con el más sencillo hasta el más complejo (Figura 3).

Figura 3. Socialización de los esquemas circuitales  
(Panadero,2017)



*Fuente: Autores*

## Resultados

La ejecución de los resultados se muestra a través de dos etapas: La primera es la organización de los datos recibidos en tablas y la segunda, es la Graficación mediante curvas de aprendizaje, en ellas se realiza la clasificación de los intentos de acuerdo a los tiempos y la ejemplificación de esos intentos conforme al método logarítmico, aplicados a cada montaje propuesto.

### *Etapa de organización de los datos en tablas*

Cada montaje fue ejecutado en tres ocasiones por cada aprendiz, se cronometra el tiempo en cada intento y se clasifica el nivel de dificultad en medio, bajo y alto, como se identifica en la Tabla 1.

Tabla 1. Registro de tiempo

s para

curvas de aprendizaje de aprendices

PRUEBA DEFINITVA PARA CURVAS DE APRENDIZAJE, APRENDICES PANELES SOLARES SENA 2018								
MONTAJE N°1: DOS PUNTOS DE LUZ EN SERIE Y EN PARARLELO			MONTAJE N°2: TOMACORRIENTE INDEPENDIENTE A PUNTO DE LUZ			MONTAJE N° 3: PUNTO DE LUZ CONMUTADO		
GRADO DE DIFICULTAD: MEDIO			GRADO DE DIFICULTAD: BAJO			GRADO DE DIFICULTAD: ALTO		
APRENDIZ	INTENTO	TIEMPO (HORAS)	APRENDIZ	INTENTO	TIEMPO (HORAS)	APRENDIZ	INTENTO	TIEMPO (HORAS)
APRENDIZ 1	INTENTO 1	0;49;43	APRENDIZ 1	INTENTO 1	00;12;07	APRENDIZ 1	INTENTO 1	00;17;17
	INTENTO 2	0;21;22		INTENTO 2	00;10;09		INTENTO 2	00;10;43
	INTENTO 3	0;22;25		INTENTO 3	00;06;58		INTENTO 3	00;12;03
APRENDIZ 2	INTENTO 1	2;46;24	APRENDIZ 2	INTENTO 1	00;20;12	APRENDIZ 2	INTENTO 1	00;19;57
	INTENTO 2	0;26;33		INTENTO 2	00;11;51		INTENTO 2	00;17;07
	INTENTO 3	0;23;04		INTENTO 3	00;10;55		INTENTO 3	00;16;40
APRENDIZ 3	INTENTO 1	01;00;01	APRENDIZ 3	INTENTO 1	00;20;37	APRENDIZ 3	INTENTO 1	00;19;17
	INTENTO 2	0;42;21		INTENTO 2	00;08;31		INTENTO 2	00;16;00
	INTENTO 3	0;30;00		INTENTO 3	00;07;40		INTENTO 3	00;09;37

Fuente: Los autores

En la medida en que se ejecutan los montajes y son finalizados a cabalidad, se toman los tiempos para ser posteriormente tratados y tomados para la construcción de las curvas de aprendizaje, aplicando los datos obtenidos para su tratamiento con el programa de Excel 2013, que es una hoja de cálculo integrada en la plataforma Microsoft Office (Microsoft Corporation, 2012).

Para mostrar el procedimiento de cálculo de la curva de aprendizaje, se toma a manera de ejemplo, el gráfico de los registros del aprendiz 1 con el montaje 1 para ilustrar el tratamiento de los datos obtenidos, que son presentados en la Tabla 2.

Tabla 2. Tiempos en minutos y segundos, para cada intento en el Montaje N°1 por el aprendiz 1

MONTAJE N° 1			
APRENDIZ	INTENTO		
	INTENTO 1	INTENTO 2	INTENTO 3
APRENDIZ 1	49,43	21,22	22,25

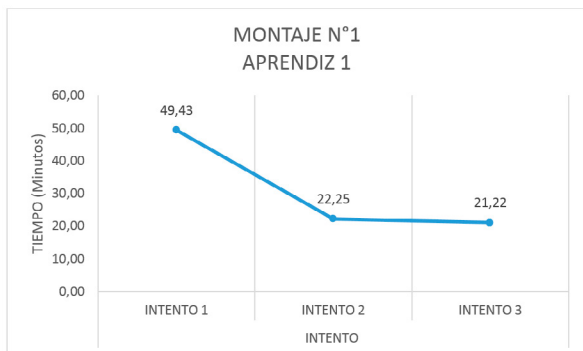
Fuente: Autores

### Etapa graficación mediante curvas de aprendizaje

De acuerdo con Chango & Zambrano (2017) la forma de construir una curva de aprendizaje es indicar el tiempo necesario para ejecutar un trabajo, así que se ubica en el eje de las ordenadas y el tiempo empleado se ubica en el eje de las abscisas, de tal forma que los datos los trasladamos a una hoja de cálculo para obtener la curva de aprendizaje que observamos en la Figura 4, en la que el eje X representa las unidades de producción, pero para nuestro caso están representando el número de intentos y el eje Y es el tiempo empleado, en minutos, para la ejecución de cada intento.

Se grafica el tiempo en eje de las abscisas y los intentos en el eje de la ordenadas y se obtuvo la curva que caracteriza los registros aportados por el aprendiz 1, en su primer montaje y los intentos de ejecución, Figura 4. Cabe señalar que se realizó igual manejo para los datos obtenidos de los demás aprendices.

Figura 4. Curva de aprendizaje ejemplo



Fuente: Autores

Entonces se procede a determinar la ecuación que caracteriza la curva de aprendizaje con respecto al desempeño del aprendiz, se ilustra su aplicación con los datos obtenidos de la Figura 4, para tabularlos en la Tabla 3. Por lo tanto, se procede a explicar cada columna para hallar el valor en logaritmos

- Intento (X): Prueba realizada por el aprendiz desde el primer al tercer montaje.
- Log Intento (X): Es la ejecución de las pruebas de aprendiz 1, sometiendo a calcular en logaritmos sus intentos (X): 1, 2 y 3.
- Tiempos reales (H): Son los períodos medidos en h por cada intento en el aprendiz 1.

- Tiempos reales (Min): Es la conversión para magnitud min de los periodos medidos.
- Variación de tiempos entre montajes %: Relaciona los tiempos reales (min) de acuerdo con su diferenciación del primer intento hacia el segundo intento y del primer intento hacia el tercer intento en porcentajes.
- Eficiencia %: Refiere la habilidad con que el aprendiz realiza el montaje solicitado con respecto al primer intento; se expresa en porcentaje.
- Acumulado (min): Es el tiempo recolectado de cada intento sucesivo de los datos expresados en la columna: Tiempos reales (min).
- Acumulado (H): Es el tiempo recolectado de cada intento sucesivo de los datos expresados en la columna: Tiempos reales (H).
- Tiempo Acumulado Promedio por Unidad: Es el cociente de cada una de las celdas: Acumulado (H) y la ejecución del aprendiz por prueba: Intento (X).
- Log (Y): Es el resultado de realizar el logaritmo con base diez, de cada una de las celdas de la columna: Tiempo Acumulado Promedio por Unidad.

Se procede a realizar el grafico de Log Intento (X) vs Log (Y), para encontrar la ecuación.

Tabla 3. Datos para determinar la ecuación que define la curva de aprendizaje de nuestro ejemplo

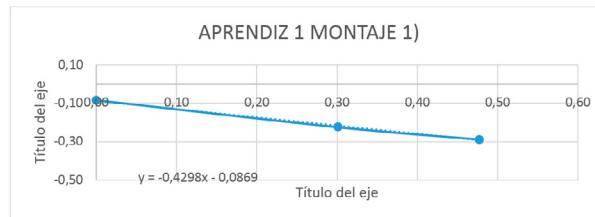
	(X)		Montaje 1					(Y)		
	INTENTO (X)	Log intento (X)	Tiempos reales (Horas)	Tiempos reales (Minutos)	variación de tiempos entre montaje%	eficiencia%	ACUMULADO (minutos, segundos)	ACUMULADO (Horas)	TIEMPO ACUMULADO PROMEDIO POR UNIDAD	Log (Y)
APRENDIZ 1	1	0,00	0;49;43	49,43	100,00		49,43	0,82	0,82	-0,08
	2	0,30	0;22;25	22,25	45,01	54,99	71,68	1,19	0,60	-0,22
	3	0,48	0;21;22	21,22	42,93	57,07	92,90	1,55	0,52	-0,29

Fuente: Autores

De acuerdo con el proceso para calcular el porcentaje de aprendizaje recomendada por Changgo & Zambrano (2017, p. 22), se aprecia en

detalle la ecuación de recta en la Tabla 3 con respecto a los datos de las columnas: Log Intento (X) y Log (Y) en la Figura 5.

Figura 5. Línea logarítmica y ecuación correspondientes a los datos del aprendiz 1



Fuente: Autores

El valor de la ecuación de la Figura 5 fue hallado por la hoja de cálculo (Hernández, 2017), como se observa en la Ecuación (4). También podemos encontrar los valores de K y n, que

al reemplazarlos en la Ecuación (3), recordara el procedimiento de las ecuaciones anteriores, hasta este punto:

$$y = k * x^n \quad (1) \Rightarrow \log y = \log k + n \log x \quad (2) \Rightarrow Y = k + n x \quad (3)$$

Al reemplazar los valores de K y n en la Ecuación (3)

$$\log k = -0,0869 \quad K = 10^{-0,0869}$$

$$K = 0,0869$$

$$n = -0,4298 \quad (6)$$

$$Y = -0,0869 + (-0,4298) x$$

$$Y = -0,0869 - 0,4298 x \quad (4)$$

También de forma procedimental se realiza el cálculo para hallar K, de la siguiente forma:

Reemplazando los valores de K y n en la Ecuación (3), se obtiene nuevamente la Ecuación (4), que representa el desempeño del aprendiz 1.

$$\log 0,82 = -0,0869 = K \quad (5)$$

$$Y = -0,0869 - 0,4298 x \quad (4)$$

Donde 0.82 hace referencia a primer Tiempo Acumulado Promedio por Unidad; es el primer intento del aprendiz en realizar su montaje (Hernández, 2017; Salgado *et al.*, 2003).

Continuando con el desarrollo de la investigación, tomamos el valor hallado de n para obtener el índice de aprendizaje mediante la fórmula que corresponde a la Ecuación (7):

Para hallar el valor de n (índice de aprendizaje) se realiza el siguiente procedimiento, reflexionando sobre las propiedades de los logaritmos y exponentes (Romero, 2015, p. 5; Gacharna, 2012, p. 48).

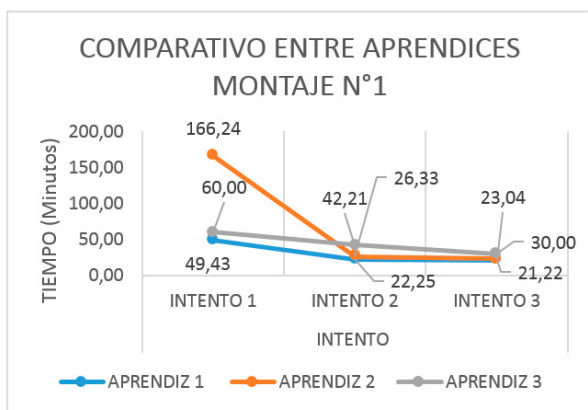
$$\begin{aligned} \text{Índice de Aprendizaje} &= 2^n \quad (7) \\ &= 2^{-0,4298} \\ &= 0,7423 * 100 \\ &= 74,23 \% \end{aligned}$$

esto hace que su efectividad para el primer montaje sea de 84.16 %. Para el tercer intento mejora a 23.04 min utilizando un 13.86 % del tiempo inicial del primer montaje, estabilizando la eficiencia a 57.07 % del montaje inicial. Su tiempo acumulado en min fue de 206.43 min y su tiempo acumulado promedio fue de 1.15 h.

Al analizar la curva de aprendizaje que nos muestra la Figura 4, se observa que del primer intento realizado por el aprendiz es de 49.43 min, al segundo intento, se reducen 27.18 min que equivalen al 45 % de esta reducción del tiempo invertido en el primer intento del montaje; y entre el intento 2 y 3, se redujo notablemente el tiempo de ejecución, con una diferencia de 1.03 min marcando tendencia a la estabilización del tiempo requerido en la ejecución de la investigación. A partir del intento 2 al 3 la eficiencia aumenta de 54.99 % a 57.07 %. Su tiempo acumulado en min fue de 92.90 min y su tiempo acumulado promedio fue de 0.52 h. Tabla 4.

A continuación, se presenta gráficamente el comportamiento de los aprendices 2 y 3 con respecto al aprendiz 1, en su desempeño al desarrollar el montaje 1 (Figura 6).

Figura 6. Contraste de las curvas de aprendizaje de los tres aprendices para el primer montaje



Fuente: Autores

Para el primer montaje el aprendiz 2 demoró 166.24 min, al realizar nuevamente el montaje 1 disminuyó a 26.33 min, tomando 15.84 % del tiempo inicial,



Tabla 4. Datos para determinar la ecuación que define la curva de aprendizaje de los tres aprendices en el Montaje 1

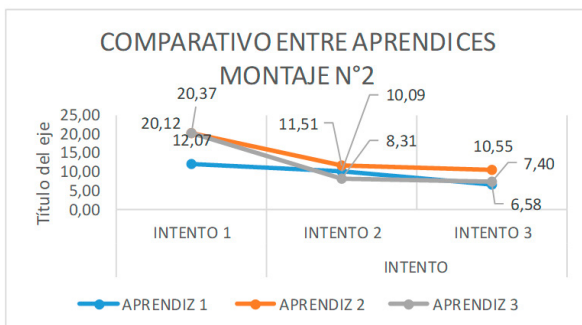
	(X)		Montaje 1					(Y)		
	INTENTO (X)	Log intento (X)	Tiempos reales (Horas)	Tiempos reales (Minutos)	variación de tiempos entre montaje%	eficiencia%	ACUMULAD O (minutos)	ACUMULAD O (Horas)	TIEMP ACUMULADO PROMEDIO POR UNIDAD	Log (Y)
APRENDIZ 1	1	0,00	0;49;43	49,43	100,00		49,43	0,82	0,82	-0,08
	2	0,30	0;22;25	22,25	45,01	54,99	71,68	1,19	0,60	-0,22
	3	0,48	0;21;22	21,22	42,93	57,07	92,90	1,55	0,52	-0,29
		Log X								Log (Y)
APRENDIZ 2	1	0,00	2;46;24	166,24	100,00		166,24	2,77	2,77	0,44
	2	0,30	0;26;33	26,33	15,84	84,16	192,57	3,21	1,60	0,21
	3	0,48	0;23;04	23,04	13,86	86,14	206,43	3,44	1,15	0,06
		Log X								Log (Y)
APRENDIZ 3	1	0,00	01;00;01	60,00	100,00		60,00	1,00	1,00	0,00
	2	0,30	0;42;21	42,21	70,35	29,65	102,21	1,70	0,85	-0,07
	3	0,48	0;30;00	30,00	50,00	50,00	132,21	2,20	0,73	-0,13

Fuente. Autores

Para el caso del aprendiz 3, toma 60 min en realizar el primer intento, para el segundo intento realiza el montaje a 42.21 min, utilizando un 70.35 % del tiempo inicial con una eficiencia de 29.65 %. Para el tercer intento utiliza 30 min, obteniendo una eficiencia del 50 %, Su tiempo acumulado en min fue de 132.21 min y su tiempo acumulado promedio fue de 0.73 h, como se analiza los resultados en la Tabla 4.

Junto con la anterior Figura 6, adicionamos las otras gráficas que completan el consolidado de los montajes 2 y 3, en las Figuras 7 y 8 respectivamente, en este punto se analiza la progresión del primer intento al tercer intento.

Figura 7. Contraste de las curvas de aprendizaje de los tres aprendices para el segundo montaje



Fuente: Autores

En el segundo montaje los tiempos del aprendiz 1 comienzan desde 12.07 min a 6.58 min (Figura 7), variando su porcentaje de montajes a un 54 %, y logrando una eficiencia de 45. 48 % con respecto al primer intento. Su tiempo acumulado en min fue de 28.74 min y su tiempo acumulado promedio fue de 0.16 h. (Tabla 5.).

El aprendiz 2, realiza su primer intento en 20.12 min, disminuyendo a un tercer intento en 10.55 min. Su variación de tiempos entre intentos varía a 54.44 %, logrando una eficiencia de 47.56 %. Su tiempo acumulado en min fue de 42.18 min y su tiempo acumulado promedio fue de 0.23 h.

Tabla 5: Datos para determinar la ecuación que define la curva de aprendizaje de los tres aprendices en el Montaje 2

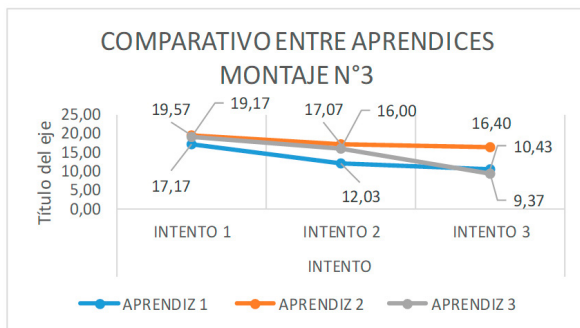
Montaje 2										
	INTENTO (X)	Log intento (X)	Tiempos reales (Horas)	Tiempos reales (Minutos)	variación de tiempos entre montaje%	eficiencia%	ACUMULADO (minutos)	ACUMULADO (Horas)	TIEMP ACUMULADO PROMEDIO POR UNIDAD (Y)	Log (Y)
APRENDIZ 1	1	0,00	00;12;07	12,07	100,00		12,07	0,20	0,20	-0,70
	2	0,30	00;10;09	10,09	83,60	16,40	22,16	0,37	0,18	-0,73
	3	0,48	00;06;58	6,58	54,52	45,48	28,74	0,48	0,16	-0,80
			Log X							
APRENDIZ 2	1	0,00	00;20;12	20,12	100,00		20,12	0,34	0,34	-0,47
	2	0,30	00;11;51	11,51	57,21	42,79	31,63	0,53	0,26	-0,58
	3	0,48	00;10;55	10,55	52,44	47,56	42,18	0,70	0,23	-0,63
			Log X							
APRENDIZ 3	1	0,00	00;20;37	20,37	100,00		20,37	0,34	0,34	-0,47
	2	0,30	00;08;31	8,31	40,80	59,20	28,68	0,48	0,24	-0,62
	3	0,48	00;07;40	7,40	36,33	63,67	36,08	0,60	0,20	-0,70
			Log X							

Fuente: Autores

Con respecto al aprendiz 3, su tiempo inicial fue de 20.37 min, disminuyendo a 7.40 min, variando los tiempos del primer al tercer montaje al 36.33 %, logrando una eficiencia del 63.67 %, su tiempo acumulado en min fue de 36.08 min y su tiempo acumulado promedio fue de 0.20 h.

En el tercer montaje el aprendiz 1 realiza su primer intento en 17.17 min, disminuyendo a 10.43 min, (Figura 8), utilizando el 60.75 % del tiempo respectivo al primer intento. Su tiempo acumulado en min fue de 39.63 min y su tiempo acumulado promedio fue de 0.22 h, como se identifica en la Tabla 6.

Figura 8. Contraste de las curvas de aprendizaje de los tres aprendices para el segundo montaje



Fuente: Autores

Por lo tanto, el aprendiz 2 ejecuta su primer intento en 19.57 min, para lograr el tercer intento en 16.40 min. Su variación de tiempos entre montajes alcanza al 83.80 % del tiempo del primer intento, sus tiempos acumulados son de 53.04 min, con un tiempo acumulado promedio de 0.29 h.

Tabla 6: Datos para determinar la ecuación que define la curva de aprendizaje de los tres aprendices en el Montaje 3

Montaje 3										
(X)										
INTENTO (X)	Log intento (X)	Tiempos reales (Horas)	Tiempos reales (Minutos)	variación de tiempos entre montaje%	eficiencia%	ACUMULAD O (minutos)	ACUMULAD O (Horas)	TIEMPO ACUMULADO PROMEDIO POR UNIDAD (Y)	Log (Y)	
APRENDIZ 1	1	0,00	00;17;17	17,17	100,00		17,17	0,29	0,29	-0,54
	2	0,30	00;12;03	12,03	70,06	29,94	29,20	0,49	0,24	-0,61
	3	0,48	00;10;43	10,43	60,75	39,25	39,63	0,66	0,22	-0,66
		Log X								Log (Y)
APRENDIZ 2	1	0,00	00;19;57	19,57	100,00		19,57	0,33	0,33	-0,49
	2	0,30	00;17;07	17,07	87,23	12,77	36,64	0,61	0,31	-0,52
	3	0,48	00;16;40	16,40	83,80	16,20	53,04	0,88	0,29	-0,53
		Log X								Log (Y)
APRENDIZ 3	1	0,00	00;19;17	19,17	100,00		19,17	0,32	0,32	-0,50
	2	0,30	00;16;00	16,00	83,46	16,54	35,17	0,59	0,29	-0,53
	3	0,48	00;09;37	9,37	48,88	51,12	44,54	0,74	0,25	-0,61

Fuente: Autores

Finalmente, el tercer aprendiz inicia su primer intento con 19.17 min, completando un tercer intento con 9.37 min. La variación de tiempos entre montajes es 48.88 % del tiempo inicial, logrando una eficiencia de 51.12 %. El tiempo acumulado es de 44.54 min, con respecto al tiempo acumulado promedio de 0.25 h.

A continuación se presenta el consolidado de la ecuación de la forma  $Y = K + n X$  (3), objeto de la investigación tratándola con la hoja de cálculo y comprobación de forma procedimental, se obtuvo las ecuaciones de la Tabla 7. (Microsoft Corporation, 2012).

Tabla 7. Consolidado de las curvas de aprendizaje de la investigación

Ecuaciones curva aprendizaje técnico en mantenimiento e instalación en sistemas solares fotovoltaicos Sena socorro 2018			
$Y = K + n X$	APRENDIZ 1	APRENDIZ 2	APRENDIZ 3
<b>MONTAJE 1</b>	$Y = -0,4298X - 0,0869$	$Y = -0,7659X - 0,0018$	$Y = -0,2756X + 0,0036$
<b>MONTAJE 2</b>	$Y = -0,8013X + 0,4437$	$Y = -0,3285X - 0,0015$	$Y = -0,4825X - 0,0019$
<b>MONTAJE 3</b>	$Y = -0,2756X + 0,0036$	$Y = -0,0927X - 0,0002$	$Y = -0,221X + 0,0078$

### CONCLUSIONES

Los aprendices requirieron dos intentos para terminar su etapa de aprendizaje puesto que, en el tercer intento, su tiempo fue similar al del segundo intento, donde se percibió una estabilización de los tiempos de ejecución. Cabe destacar que, para

llegar a esta relativa homogeneidad de los tiempos de ejecución, tuvo que cometer muchos errores y ser solucionados hasta lograr el éxito en el montaje, en este punto lo aprendices reflexionaron sobre el hacer, utilizando la experiencia de los montajes eléctricos que han ensamblado, para poder asentar los conocimientos y aplicarlos a su productividad.

Desde el proceso pedagógico las curvas de aprendizaje se pueden implementar como una herramienta para que el instructor mida el grado de asimilación de los conocimientos, que son verificables en el momento que aplica lo aprendido durante el ejercicio de un desempeño práctico. Y muestra además las habilidades y conocimientos previos, la disposición para enfrentar dicha tarea.

Observando el comportamiento de las curvas de aprendizaje visibles en las Figuras 4, 6, 7 y 8 son palpables las diferencias de los aprendices que tienen habilidades, conceptos previos y disposición para realizar el montaje propuesto, y es aquí donde marca el desempeño para producir unidades en un período determinado. De acuerdo con las Tablas 4, 5 y 6, el aprendiz 1 realiza los tres montajes en menor tiempo que los aprendices 2 y 3. El aprendiz 2 realiza los tres montajes más lento que los aprendices 1 y 3, mientras que el aprendiz 3 permanece como tendencia central para realizar los montajes solicitados. Por lo tanto, al implementar la curva de aprendizaje como metodología, se debe tener en cuenta la experiencia que posee un aprendiz para realizar un producto, pero también juega un papel importante el ritmo de aprendizaje, como se observa en las Tablas 1 y 6 con respecto al aprendiz 2 en el montaje 3, del segundo intento al tercer intento, a pesar que el tiempo disminuyó para entregar el producto, el aprendiz no ensambló eficientemente el circuito, debido que sus variaciones de tiempos tomaron valores de 87.23 % a 83.80 % y sus tiempos fueron de 17.07 min a 16.40 min. Caso contrario sucedió con el aprendiz 3 en el mismo montaje 3, su medición del segundo intento fue de 16.00 min y para el tercer intento varió a 9.37 min, su variación de tiempos fue entre 83.46 % a 48.88 %.

Al analizar el comportamiento de los aprendices desde el punto cualitativo, se evidenció la integralidad que caracteriza al aprendiz SENA,

basado en que aunque el corte de la actividad era individual, a través del cual ellos mismos median sus capacidades, destrezas y habilidades, existió siempre un ambiente de querer ayudar en las dudas del aprendiz menos aventajado.

Para finalizar, se puede acotar que tácitamente, también es evaluado el instructor al observar el desempeño de los aprendices que reflejan su labor pedagógica, debido a que en estos procesos debe resolver rápidamente las dudas presentadas por los aprendices para implementar los productos solicitados, de acuerdo con los tiempos propuestos de preguntas y respuestas entre cada intento.

## REFERENCIAS

- Aragón Andrea., (2013) Curva de aprendizaje. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/andrearagones/curva-de-aprendizaje>.
- Ballesteros Silva, P., & Ballesteros Riveros, D., & Jaramillo N., C. (2005). Aplicación de la lúdica en la curva de aprendizaje. *Scientia et technica*, XI (27), p. 185-190. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911698033>> ISSN 0122-1701
- Blog de tecnología, recursos para secundaria. (2017). Recuperado de <https://josepanadero.wordpress.com/category/instalaciones-en-viviendas/>
- Chango, M. Zambrano, I. (2014). *Las curvas de aprendizaje Factor de éxito en la medición del desempeño laboral en la gestión*. Quito, Ecuador: Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Dane. (2005). *Censo General 2005, Perfil Socorro-Santander*. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/santander/socorro.pdf>
- Gacharna, O. (2012). *Algunas consideraciones didácticas sobre el concepto de logaritmo y de función logarítmica y sus posibilidades en la educación básica y media* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de: <http://bdigital.unal.edu.co/11718/1/oscargacharna2012.pdf>

- Hernández, E. (2017). *Curva de aprendizaje*. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=PsJU5Q-F87IY>
- Krajewski, L., & Ritzman, L. (2000). *Administración de Operaciones, Estrategia y Análisis*. 5ta Edición. México: Editorial Pearson.
- Latiff, A. (2005). La curva de aprendizaje. Qué es y cómo se mide. *Rev. Urología Colombiana, XIV*, pp. 15-17. Recuperado de: <http://www.urologiacolombiana.com/index.php?id=110>
- Martin, J. (2018) *¿Para qué sirve la curva de experiencia?* Recuperado de <https://www.cerembs.co/blog/para-que-sirve-la-curva-de-la-experiencia>.
- Microsoft Corporation, (2012). *Microsoft Excel (Version 15.0.5059.1000)* [Windows]. Estados Unidos.
- Panadero, J. (2017). *Prueba de Instalaciones en viviendas*. Recuperado de <https://josepanadero.wordpress.com/category/instalaciones-en-viviendas>.
- Romero, I. (2015) *Curva de aprendizaje trabajo semestral equipo 2*. Ciudad Juárez, México.: Issuu. Recuperado de [https://issuu.com/ignacioromero6/docs/curva\\_de\\_aprendizaje.-\\_trabajo\\_eme](https://issuu.com/ignacioromero6/docs/curva_de_aprendizaje.-_trabajo_eme).
- Roncancio Ávila, M. N., Reina Moreno, D. K. Hualpa Zúñiga, A. M. Felizzola Jiménez, H. A. & Arango Londoño, C. A. (2017). Utilización de curvas de aprendizaje e intervalos de confianza en un estudio de tiempos para el cálculo de tiempos estándar. *INGE CUC, 13*, (2), pp. 18-27, Doi: <http://dx.doi.org/10.17981/ingecuc.13.2.2017.02>.
- Salgado Fernández, J., Calviño Santos, R., Vázquez Rodríguez, J., Vázquez González, N., Vázquez Rey, E., & Pérez Fernández, R. *et al.* (2003). Coronariografía y angioplastia coronaria por vía radial: experiencia inicial y curva de aprendizaje. *Revista Española De Cardiología, 56* (2), 152-159. Doi: 10.1016/s0300-8932(03)76839-0.
- SENA Norma de Competencia Laboral 280101054. (2013) Recuperado de: <http://certificados.sena.edu.co/claborales/saveas.asp?var1=280101054>.
- SENA Modelo Pedagógico de la formación profesional integral. (2012). Recuperado de [http://rvcmar.org/EDT\\_MODELO\\_PEDAG\\_SENA/MODELO%20PEDAG%20DE%20LA%20FPI%20SENA.pdf](http://rvcmar.org/EDT_MODELO_PEDAG_SENA/MODELO%20PEDAG%20DE%20LA%20FPI%20SENA.pdf).
- SENA Informe de Gestión. (2011-2012). Recuperado, de [https://lineabase.sena.edu.co/transparencia/gestion-de-planeacion/Lists/Informes%20de%20gesti%C3%B3n/I\\_gestion\\_nov2011-oct2012.pdf](https://lineabase.sena.edu.co/transparencia/gestion-de-planeacion/Lists/Informes%20de%20gesti%C3%B3n/I_gestion_nov2011-oct2012.pdf).
- Stake, R. (1999). *Investigación con estudio de casos*. Madrid, España: Ediciones Morata.