

Trabajo Fin de Grado

INFLUENCIA DE LA ILUMINACIÓN INADECUADA EN LAS ESCUELAS DE LOS CAMPAMENTOS DE REFUGIADOS SAHARAUIS EN LA SALUD VISUAL DE LOS ALUMNOS

Influence of the inappropriate illumination in the
schools of the saharaui refugee camps in the
Visual Health of the students

Autor

Miren Josune Fernández Nieves

Directores

María Victoria Collados Collados
Juan Antonio Vallés Brau

Facultad de Ciencias
Diciembre 2017

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	5
III.	BAJA ILUMINACIÓN Y SALUD VISUAL	6
	III-I Luz natural	6
	III-II Afectación de la baja iluminación en el sistema visual	7
	III-III Afectación de la baja iluminación en el rendimiento académico	8
IV.	METODOLOGÍA	9
	1) Estudio lumínico	10
	2) Estudio optométrico	10
V.	RESULTADOS	14
	1) Estudio lumínico	14
	2) Estudio optométrico	16
VI.	DISCUSIÓN	20
VII.	CONCLUSIONES	22
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	23
IX.	ANEXOS	24
	- Anexo I: fotos de las tres escuelas de primaria del distrito de Bojador	24
	- Anexo II: ficha de anamnesis del estudio optométrico	27
	- Anexo IV: valores normales para la clasificación de las anomalías	29
	- Anexo V: planos de las tres escuelas de primaria del distrito de Bojador	32
	- Anexo VI: datos obtenidos en el estudio lumínico	33
	- Anexo VII: mapas iso-lumínicos	35

I. INTRODUCCIÓN

Los campamentos de refugiados saharauis se encuentran próximos a Tinduf, ciudad argelina fronteriza con Marruecos, Sahara Occidental y Mauritania.

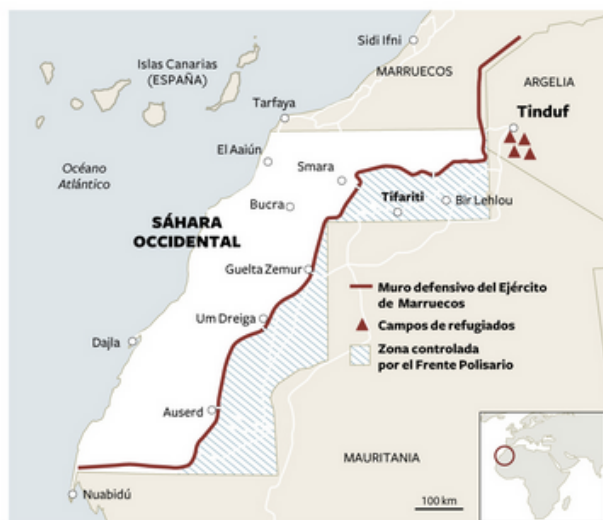


Figura 1: Mapa del Sahara Occidental

Estos campamentos están habitados por unos 165.000 refugiados según la sede del Frente Polisario¹ en Argelia, mientras que Naciones Unidas estima 90.000 habitantes.

Las ciudades más importantes del Sahara Occidental se encuentran bajo la ocupación marroquí. Los nombres de algunas de estas ciudades han sido otorgados a los cinco distritos o *wilayas* que forman los campamentos saharauis. Estos distritos son: Auserd, Bojador, Dajla, El Aaiún y Smara. Cada distrito se divide en 29 municipios o *dairas* que a su vez se dividen en 116 barrios comunicados con Tinduf por una única carretera.

Los Saharauis originalmente eran tribus nómadas de origen mixto: Árabe y Beréber. La población Beduina o *Badawi*², se desplazaba a lo largo del desierto del Sahara en busca de las mejores condiciones climáticas para satisfacer sus necesidades. En 1885 la forma de vida nómada se ve truncada tras la conferencia de Berlín ya que África queda dividida por los diferentes países que tomaron parte. Comienza así la etapa del colonialismo y el Sahara queda en manos del Estado Español. En 1975 España renuncia a la administración del Sahara Occidental tras los movimientos generados por la marcha verde³, se firma el acuerdo tripartito de Madrid y España cede temporalmente la administración del Sahara a Marruecos y Mauritania. Marruecos nunca se retiró y durante 1980-1987 se construyó el conocido "Muro de la vergüenza", con minas antipersonas para evitar que los saharauis retornasen a sus tierras, fragmentando así el territorio saharauí además de privarlo de sus recursos naturales: los yacimientos de fosfato y las zonas costeras de gran riqueza pesquera. Hoy en día el Sahara permanece como único territorio Africano colonizado.^[1]

¹ Frente Polisario: movimiento de liberación nacional del Sahara Occidental que trabaja para acabar con la ocupación de Marruecos y lograr la autodeterminación del pueblo saharauí.

² Beduino significa morador del desierto, son nómadas Árabes que habitan en los desiertos, se organizan en tribus y hablan el Badawi.

³ Marcha verde: invasión marroquí del Sahara occidental promovida por el monarca Hassan II como una marcha pacífica para forzar al Gobierno Español a retirar sus tropas.

En el lado oeste del muro de la vergüenza se encuentran los territorios ocupados donde la población vive sometida por Marruecos, quienes violan los derechos humanos de los saharauis.

En el lado este se encuentran los territorios liberados, gobernados por la República Árabe Saharaui Democrática (RASD) donde vive un número muy reducido de la población saharauí. Y al norte, en Argelia, se encuentra más de la mitad de la población Saharaui viviendo en el exilio, en los campamentos de refugiados saharauis de Tinduf.

En dichos campamentos la vida transcurre en la parte más inhóspita del desierto, llamada “*La hamada*”. Aquí nos encontramos bajo condiciones medioambientales desfavorables: temperaturas extremas con máximas de 45°C y mínimas de 5°C, territorio totalmente estéril y con alto nivel de salinidad, carencia de agua potable, vientos del Siroco con velocidades de 100 km/h, esporádicas lluvias torrenciales, etc.

Cabe mencionar que la atención sanitaria es deficiente ya que dependen totalmente de organismos internacionales y ONGs para garantizar la subsistencia. La RASD es la encargada de gestionar y administrar dichas ayudas internacionales.^[2]

En 1976 se proclamó la República Árabe Saharaui Democrática, un estado libre e independiente regido por la democracia y la religión islámica. El Ministerio de Educación fue el primero en crearse con la intención de lograr la paz, la autodeterminación y un futuro mejor. Teniendo una tasa de escolarización del 99%, el 1% restante no está escolarizado debido a la trashumancia.^[3]

Con el lema “Aquí no crecen plantas ni árboles, pero florecen personas” queda plasmado la importancia de la educación para el pueblo saharauí.

La educación infantil se realiza en las guarderías o *tarbías* que va de los 3 a los 6 años de edad. Los dos primeros cursos no son de carácter obligatorio siendo sólo el último de ellos obligatorio. Los docentes son madres o jóvenes voluntarias formadas en la escuela local de los campamentos. Las guarderías constan de unas 6 aulas y con un ratio entre 13 y 20 alumnos por aula que se distribuyen por los diferentes municipios de los campamentos.

En cuanto a la educación primaria los niños asisten a los colegios o *madrasas* entre los 6 y 11 años de edad, durante cinco cursos escolares de carácter obligatorio. Existen unos 30 colegios con una media de 10 aulas distribuidos por los campamentos de Tinduf, el ratio por aula es de 30 a 40 alumnos. En estos colegios las clases son impartidas por maestros y/o voluntarios que han realizado estudios superiores y no los han finalizado. Se imparten un total de nueve asignaturas en el dialecto *hassanía* exceptuando el español y el inglés. El español se encuentra como idioma oficial junto al hassanía. Esto es debido a que hay un gran número de españoles que se encuentran trabajando en los campamentos y también a consecuencia del programa vacaciones en paz⁴, donde los niños y niñas son acogidos por familias españolas.^[3]

La educación secundaria se realiza en Argelia, fuera de los campamentos mediante una beca que concede el Gobierno Argelino. Este hecho genera cierto desarraigo cultural por ello han decidido ofrecer la oportunidad de realizar la educación secundaria en los mismos campamentos y también se ofrece formación profesional como alternativa.^[3]

⁴ Vacaciones en paz: programa solidario con inicio en 1994 dentro del cual los niños saharauis entre 9 y 12 años pasan el periodo estival con familias de acogida española. Durante la estancia se realizan diversas revisiones médicas, se tratan enfermedades y problemas relacionados con la anemia y la malnutrición.

Existen diferentes programas que brindan al estudiante, en función de su expediente, la opción de continuar sus estudios universitarios en España, Cuba y Argelia. Cabe añadir que en el 2012 la RASD fundó la primera universidad dentro de los campamentos, la Universidad de Tifariti. Además, en los mismos campamentos existen centros de educación especial y escuelas de arte, cine y música que promueven la creatividad.^[3]

A pesar de que la RASD haya forjado un sistema educativo bastante completo, este posee un gran número de carencias debido a los escasos recursos que se disponen en el desierto y al desgaste político-social.

En general existen carencias a nivel de material, infraestructura y mantenimiento. Las aulas no disponen de un mobiliario adecuado para el alumnado. La falta de una política de mantenimiento de las instalaciones deriva en grandes agujeros en el tejado, inundaciones de arena en las aulas, instalaciones eléctricas averiadas o no terminadas, aseos en estado insalubre, ventanas tapiadas, etc.

Esta falta de luz natural junto al mal funcionamiento de la luz artificial genera un estudio en penumbra, a su vez cuando las condiciones climatológicas son adecuadas y permiten destapiar las ventanas existe un exceso de luz natural en el aula.

El sistema sanitario saharauí sigue el patrón del sistema sanitario español, ofreciendo así una atención sanitaria superior a países vecinos. Tanto la atención médica como los medicamentos son de carácter gratuito no solo para la población saharauí sino también para los extranjeros. Igualmente los saharauís reciben tratamiento médico gratuito en el hospital argelino de Tinduf, siempre y cuando en los campamentos no exista la opción de llevar a cabo la asistencia sanitaria adecuada. Aun así, el carácter nómada de los saharauís dificulta la implantación del sistema.^[4]

El ministerio de salud es el responsable de gestionar todas las instalaciones que existen dentro de los campamentos, en las cuales se encuentra un dispensario por cada municipio y un hospital regional por cada distrito, así como un hospital central en Rabuni. En los dispensarios se distribuye la medicación, se ofrecen servicios básicos de medicina y controles de nutrición gracias al trabajo de los enfermeros. En lo que se refiere a los hospitales regionales estos ofrecen atención médica más especializada teniendo en algunos casos instalaciones para realizar determinadas operaciones. Estos establecimientos son gestionados por enfermeros y médicos.^[4]

En el hospital central se ofrece asistencia médica para los casos más complicados. Además es el hospital encargado de ofrecer formación académica a los enfermeros y médicos del campamento.^[4]

Los ópticos y oftalmólogos, en su mayoría profesionales formados en Cuba, van realizando las consultas por los diferentes hospitales regionales. En la consulta cuando se realiza la refracción los pacientes obtienen la receta para después dirigirse a uno de los tres talleres de montaje disponibles en los campamentos.

Actualmente no hay conciencia sobre la importancia del cuidado ocular. Los propios saharauís no acuden a las consultas, no se realizan gafas, no toman los tratamientos, etc. Por esto, la Fundación Ojos del Mundo⁵ realiza campañas de sensibilización en los ayuntamientos de cada municipio. Son charlas dirigidas a las mujeres, enfermeras y profesoras, ya que son un pilar fundamental en la sociedad. No nos podemos olvidar del papel que ejercen y ejercieron las mujeres en la lucha de la causa saharauí cuando se encontraban en conflicto armado. Pese a que hoy en día las mujeres ocupan puestos importantes, la representación femenina en los altos cargos de los campamentos es escasa.

⁵ Fundación Ojos del Mundo es una organización sin ánimo de lucro que lucha contra la ceguera evitable en Bolivia, Malí, Mozambique y Sahara.

A raíz de la visita que realizaron a los campamentos saharauis los profesores M.V. Collados y J. A. Vallés, del departamento de física aplicada de la Universidad de Zaragoza, se contempló la posible realización del estudio tras evaluar la situación actual en los campamentos. Vieron la necesidad de analizar las condiciones lumínicas de las escuelas de los campamentos de refugiados así como realizar un examen optométrico específico para detectar los problemas visuales más frecuentes entre los alumnos y comprobar así si la inadecuada iluminación provoca o agrava dichos problemas.

Gracias a la entrevista que mantuvieron con el Ministerio de Educación de la RASD, se decidió proceder a la realización de dicho estudio en colaboración con la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza.

Para este trabajo se realiza un estudio optométrico por mi parte (estudiante del grado en Óptica y Optometría) y en colaboración con Berta García Mombiela (estudiante del Grado en Estudios de Arquitectura) se realiza el estudio lumínico.

II. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es determinar la correlación entre la mala iluminación de las escuelas de los campamentos saharauis y la salud visual de los alumnos.

Para comenzar debemos comprobar si la iluminación de las aulas es la adecuada por ello se procede a la elaboración de un estudio lumínico. En éste estudio se realizan medidas en los pupitres y pizarras de los tres colegios de primaria del distrito de Bojador, con el propósito de valorar si los colegios de primaria cumplen la Norma Europea EN 12464-1. Como también estudiar la distribución de la luz dentro de las aulas.

A continuación se realiza un estudio optométrico para conocer los problemas visuales más frecuentes entre los alumnos. La finalidad de éste estudio es detectar anomalías de la visión binocular no estrábica: anomalías acomodativas, binoculares y oculomotoras. También se evalúa el estado refractivo de los alumnos y alumnas de los tres colegios de primaria.

Mediante la obtención de los datos lumínicos así como los datos optométricos extraídos en el estudio se quiere demostrar si una mala iluminación influye en el correcto funcionamiento del sistema visual.

III. BAJA ILUMINACIÓN Y SALUD VISUAL

III-I Luz natural

Considerando el contexto geográfico, Tinduf tiene un promedio de 11 horas al día de luz solar frente a las 10 horas que encontramos en España. La luz del sol en un día promedio oscila entre 30.000 hasta 100.000 lux, y emite radiación en todas las longitudes de onda del espectro visible.^[5]

La luz natural proviene del sol, no toda la luz que llega a la tierra es de forma directa. Al atravesar la atmósfera terrestre la luz solar se refleja, se absorbe o se transmite. Proceso característico de las radiaciones electromagnéticas al interactuar con la materia. La translación de la tierra confiere a la luz solar la capacidad de cambio: en intensidad, en tonalidad y en dirección. Esto depende de la estación del año, condiciones atmosféricas y hora del día.^[6]

Gracias a la radiación que emite la luz solar en todas las direcciones del espacio, se crea una distribución de iluminancias que confiere a la luz natural el poder de iluminar un espacio. Aun así, hay que tener en cuenta que la iluminancia disminuye rápidamente con la distancia a las ventanas, siendo necesario suplir la falta de iluminación mediante luz artificial evitando así sombras extensas y asegurando una iluminancia mantenida en todo el área a iluminar.^[7]

En la Norma Europea EN 12464-1 se recogen los requisitos necesarios para que el sistema de iluminación satisfaga el confort visual y las necesidades visuales.

Aquí queda recogido que un entorno luminoso se define por: la distribución de luminancias, la iluminancia, el deslumbramiento, la dirección de la luz, la apariencia del color, los efectos estroboscópicos y la luz natural.^[7]

Comenzaremos hablando de la distribución de luminancias que es la encargada de controlar los niveles de adaptación del ojo afectando de forma directa en la visibilidad de la tarea. Una luminancia bien equilibrada nos da: buena agudeza visual, buena sensibilidad al contraste y una buena eficiencia ocular en los procesos de acomodación, convergencia y miosis así como una ejecución correcta de los movimientos oculares.

De modo que luminancias demasiado elevadas derivan en deslumbramientos. Los contrastes de luminancias muy altos provocan fatiga ocular. Y por el contrario, luminancias bajas y contrastes de luminancias bajos nos dan ambientes de trabajo monótonos que no estimulan el sistema visual.^[7]

Otro de los factores que determina si un entorno es luminoso es la iluminancia. La iluminancia queda definida como el flujo luminoso que incide sobre la unidad de superficie. La distribución y tipo de iluminancia tiene un gran impacto a la hora de percibir la tarea. Siempre y cuando se vaya a realizar una tarea de modo continuo la iluminancia mantenida no debe ser inferior a 200 lux y se tendrá que aumentar el valor siempre que se vaya a realizar una tarea con detalles finos y por un tiempo prolongado.

No solo es importante la distribución de luminancias en el área de la tarea sino también en las áreas circundantes a la tarea, es necesario conseguir entre ambas una distribución equilibrada ya que grandes diferencias espaciales en las iluminancias de alrededor del área de la tarea pueden originar tensiones y molestias visuales.^[7]

El deslumbramiento es un factor crítico a la hora de diseñar un sistema de iluminación que no interfiera en el correcto funcionamiento del sistema visual, la aparición de deslumbramientos causa fatiga visual y reducción del contraste en la imagen retiniana por la reflexión o dispersión de los medios oculares. Dentro de los deslumbramientos encontramos dos tipos: el discapacitante (*Disability Glare*) y el molesto (*Discomfort Glare*). El primero se

puede solucionar mediante filtros de absorción selectiva, filtros que controlan el paso de determinadas zonas del espectro visible. Pero en el deslumbramiento molesto solo se puede adaptar el entorno donde se va a realizar la tarea. Para ello las ventanas deberán de disponer de dispositivos mediante los cuales se controle la entrada de luz y las luminarias artificiales deberán contar con dispositivos que no produzcan deslumbramientos, también se pueden optar por otras medidas como son el acabado de superficies en mate o la redistribución de luminarias.^[7]

En cuanto a la dirección de la luz, la iluminación no deberá de ser demasiado direccional porque producirá sombras que dificultan la correcta realización de la tarea. En caso de ser demasiado difusa obtendremos ambientes luminosos muy apagados. Por lo que la dirección de la luz es importante ayudándonos a aumentar la visibilidad.^[7]

La apariencia del color es otro de los aspectos que define el sistema de iluminación. Es una cuestión psicológica y estética. En función del clima se hace uso de un determinado color, eligiendo una temperatura de color fría para los climas cálidos, ya que los colores fríos tienen un efecto activador en contraste con los colores cálidos cuyo efecto es relajante.^[7]

Los fenómenos estroboscópicos o *Flicker* causan dolor de cabeza y distracción. Para evitarlo los sistemas de iluminación deberán estar alimentados mediante una corriente continua o a altas frecuencias (30 kHz).^[7]

La iluminación natural proporciona una menor fatiga visual y una mejor reproducción cromática dado que el espectro luminoso es más completo y uniforme en comparación a la luz artificial.^[6]

III-II Afectación de la baja iluminación en el sistema visual

Para que una tarea pueda desarrollarse correctamente tanto la iluminación como la visión deben complementarse adecuadamente. Los cambios de contraste, la presencia de deslumbramientos y la ausencia de uniformidad lumínica generan discomfort visual dificultando así la realización de la tarea.

Al desequilibrar el sistema visual aparece dolor ocular y cefaleas, irritación, epífora, fatiga visual (debido a la acomodación rápida, los contrastes bajos y deslumbramientos), reducción de la capacidad de acomodación y convergencia, forias descompensadas y disminución de la agudeza visual.^[8]

Cabe añadir que la realización de la tarea mediante posturas inadecuadas y estáticas por un tiempo prolongado pueden agravar los problemas visuales mencionados.

Vemos así la importancia de poder controlar la iluminación a la hora de realizar la tarea ya que no solo ocasiona síntomas y desequilibrios visuales, sino que es un factor determinante a la hora de transmitir la información del exterior. Esto se debe a que el 80% de la información que llega al cerebro se transmite a través de la vía visual y además la organización actual del sistema educativo está enfocado de manera que el 90% de los conceptos aprendidos en las aulas se realiza mediante la visión.

Un estudio realizado en Londres^[10] en cuanto a las heteroforias descompensadas cita los factores que provocan una foria. Dentro de estos factores encontramos que el uso de la visión a una distancia excesivamente corta incrementa el grado de la foria y el sistema motor y sensorial no es capaz de compensarlo. También menciona como determinados factores influyen en la fusión sensorial descompensando la heteroforia, estos son, trabajar en ambientes con baja iluminación, la presencia de cataratas, una pérdida de campo visual o la presencia de un error refractivo sin corregir.

Otro estudio realizado en América^[11] interpreta que la acomodación y la convergencia no trabajan por igual en condiciones de baja iluminación. El movimiento vergencial adquiere

mayor importancia en dichas condiciones siendo un indicador más importante para la percepción de distancias frente a la acomodación, los resultados sugieren que existe una relación débil entre la acomodación y convergencia en condiciones escotópicas ante la inexistencia de estímulos acomodativos. Ésta relación no corresponde a cuando nos encontramos en condiciones fotópicas.

Los resultados encontrados en la investigación indican que en situaciones de baja iluminación y bajos contrastes, el ojo tiende a realizar una acomodación intermedia (1.50D) sin la presencia de un estímulo acomodativo. Como consecuencia, en situaciones de baja iluminación se genera un mayor retraso acomodativo (lag) para distancias cortas y para distancias mayores la respuesta es un mayor exceso acomodativo (lead).

En otro estudio realizado en Londres^[12] concluye que la disparidad de fijación aumenta bajo condiciones inadecuadas de iluminación. Los resultados demuestran que ésta se incrementa tras leer en condiciones de baja iluminación, generando una exodesviación. Y tras 30 min leyendo en bajas condiciones lumínicas los sujetos presentan síntomas además de disparidad de fijación.

III-III Afectación de la baja iluminación en el rendimiento académico

Pero la luz natural no solo facilita el rendimiento del sistema visual en la tarea, gracias a su carácter dinámico y variable en intensidad y color, influye positivamente en el estado de ánimo y en la estimulación del sistema nervioso. La exposición de luz regula los ritmos circadianos y el correcto funcionamiento de estos genera la liberación de hormonas responsables de la memoria inmediata y la memoria a largo plazo. Ambas son positivas para el estudiante siendo la primera responsable del procedimiento de aprendizaje y la segunda responsable del estudio.^{[6][9]}

En la década de 1990 se llevó a cabo una investigación sobre los efectos de la iluminación natural en el comportamiento de los estudiantes^[13]. En el estudio se demuestra la influencia de la iluminación en las aulas. Las aulas que tienen una mayor iluminación natural obtienen una tasa de aprendizaje mayor (un 20% en lectura y un 26% en matemáticas) que las aulas con menor cantidad de luz solar. A su vez las aulas que tienen un área mayor de ventanas obtuvieron en un año mejores resultados académicos frente a las aulas que tienen menos cantidad de ventanas. Esto es debido a que la luz natural mejora el estado anímico de los alumnos ayudándoles a relajarse e incrementando su capacidad de atención. Cabe mencionar que grandes niveles de iluminación causan mayor excitación provocando en los alumnos un estado de alerta el cual les capacita a asimilar nuevos conceptos. En el estudio se comparan diferentes sistemas de iluminación cenital, demostrando que en las aulas donde la luz solar directa es bloqueada tienen resultados académicos mejores que en las aulas donde penetra la luz solar de forma directa.

En la década del 2000 un estudio realizado en Holanda^[9] demuestra la influencia de la calidad de la iluminación en el rendimiento visual. Al analizar el rendimiento visual cuando se ejecutan tareas en detalle se comprueba que se obtienen mejores resultados a medida que se incrementa el nivel de iluminación. También se demuestra como la cantidad de iluminación requerida para la tarea depende de la edad, siendo necesario niveles más altos de iluminación en edades mayores debido a la pérdida de transmitancia del cristalino.

La iluminación natural es un factor determinante a la hora de transmitir una atmósfera adecuada para conseguir el mayor rendimiento visual, imprescindible en las escuelas ya que es el lugar donde se fomenta el aprendizaje. Una adecuada iluminación natural brinda un mayor rendimiento en los alumnos.

IV. METODOLOGÍA

El estudio sobre la influencia de la inadecuada iluminación en la salud visual de los alumnos saharauis, se realizó entre los meses de Febrero y Marzo de 2017 con una estancia de cinco semanas en los campamento de refugiados saharauis de Tinduf.

Dicho estudio se llevó acabo en el distrito de Bojador, fundado en 1976 con una única escuela para mujeres. Debido a la inmigración, la población aumentó contando hoy en día con 35.000 refugiados. Fue uno de los primeros distritos en recibir luz eléctrica (1998) en edificios públicos como el ayuntamiento y el hospital. Actualmente todos los edificios constan de instalaciones eléctricas.

Este distrito se divide en tres municipios (Agti, 27 Febrero y Lemsid) y cada uno de ellos cuenta con una escuela de primaria. Todos los colegios tenían una estructura similar, un edificio de una sola planta construido alrededor de un patio interior. De esta forma todas las aulas se distribuyen a lo largo de dicho patio de forma que las aulas tenían ventanas hacia el exterior e interior. Excepto el primer colegio que como tenía aulas enfrentadas en el mismo ala una de las paredes no tenía ventanas.

El estudio se comenzó en el colegio Mahfud Ali-Beiba del municipio Agti. El colegio se construyó en 2011 por la necesidad de ofrecer nuevas plazas a los alumnos debido al abarrotamiento que sufría el único colegio existente en el distrito. La instalación eléctrica se finalizó en 2013, aunque durante este proyecto en las aulas solo irradiaban luz la mitad de las bombillas instaladas. A consecuencia del viento del Siroco los cristales de las ventanas se rompían y en su lugar colocaban plásticos traslúcidos o paneles de madera para evitar la entrada de arena, ofreciendo así espacios muy luminosos y otros completamente en penumbra.

El segundo colegio en visitar fue el Lal Handala en el municipio 27 de Febrero. Es el primer colegio que se construyó en el distrito y tras las inundaciones de 1994 se reedifico. En este edificio la instalación eléctrica solo funcionaba en un aula destinada a manualidades, el resto de las aulas carecían de luz artificial. Las aulas disponían de ventanas metálicas en la fachada exterior y ventanas de metacrilato en la fachada interna. Las ventanas exteriores se encontraban cerradas la mayor parte del tiempo por los fuertes vientos así que las aulas solo quedaban iluminadas por las ventanas internas y la puerta.

El estudio se finalizó en el colegio Salem Ahmed Barkala ubicado en el municipio Lemsid. Las obras de este colegio terminaron en 2016, sin embargo no disponen de instalación eléctrica. Anteriormente los alumnos recibían las clases en jaimas de emergencia colocadas en el municipio 27 de Febrero. Como en el colegio anterior, ambas fachadas disponían de ventanas, tanto en la fachada exterior como la interior poseían ventanas de cristal y además en la fachada exterior se utilizaba pavés permitiendo la entrada de luz en días de viento.

En el **Anexo I** se encuentran la fotos de las tres escuelas de primaria del distrito de Bojador dónde se realizó el estudio.

Una vez en los campamentos saharauis el estudio se dividió en dos apartados, el estudio lumínico y el estudio optométrico.

1) Estudio lumínico

Para el estudio lumínico se tomaron las medidas de iluminancias en los tres colegios de primaria del distrito de Bojador.

En el diseño del estudio se tuvieron en cuenta unos criterios de inclusión, de tal forma que todas las aulas que se midieron dentro del mismo colegio debían encontrarse enfrentadas. De esta forma conseguíamos que se diesen las mismas circunstancias pero en condiciones opuestas. Todas las medidas se realizaron en la misma franja horaria, entre las 12.30h y 13.30h, así la dirección e intensidad de la luz solar era la misma. En cuanto a las aulas, se encontró una gran diversidad en lo que se refiere a el mobiliario y orientación del mismo, por lo que se decidió tomar medidas de todos los pupitres en las aulas seleccionadas. En cada pupitre se tomaron tres medidas, dos en los extremos y una en el centro. En cuanto a las pizarras, se dividieron en una cuadrícula de tres columnas y dos filas dando lugar a seis divisiones. Las medidas se obtuvieron del punto central resultante en cada división.

Todas las medidas se tomaron con la máxima luz natural disponible en cada aula, no se realizaron medidas con luz artificial debido a la inexistencia de un correcto sistema de iluminación. Para la toma de medidas se utilizó un luxómetro, este siempre se colocó tan cerca como fue posible del plano de medida y se tomaron las precauciones necesarias para no proyectar sombras ni reflejar luz adicional sobre él.

Una vez que se examinaron las ocho aulas en cada uno de los colegios de primaria se calculó la iluminancia media y la uniformidad de iluminancia. La iluminancia media queda definida como el valor medio del sumatorio de puntos medidos. Así mismo la uniformidad de iluminancia es el cociente entre la iluminancia mínima y la iluminancia media, obteniendo valores comprendidos entre cero y uno.

El análisis del estudio lumínico se realizó de acuerdo con la Norma Europea EN 12464-1 en la cual queda indicado la cantidad de luz necesaria en función de la dificultad visual de la tarea a realizar.

Según esta norma, las aulas de los edificios educativos han de tener una iluminancia mantenida (valor por debajo del cual no esta permitido que caiga la iluminancia media) de 300 lux pudiendo ser controlada y las pizarras han de tener un valor de 500 lux evitando las reflexiones especulares. Cualquier iluminancia superior a 700 lux se considerada demasiado brillante. En cuanto al coeficiente de uniformidad de iluminancia referido a la tarea, el valor obtenido ha de ser igual o mayor a 0.7 para asegurarse así que el área de la tarea esta iluminada lo más uniformemente posible.^[7]

2) Estudio optométrico

A la hora de realizar el screening visual se aplicaron unos criterios de inclusión.

Primero, solo se evaluaron alumnos y alumnas de 3º, 4º y 5º curso en los tres colegios de primaria del distrito de Bojador. No se evaluaron alumnos de cursos menores para así asegurar que llevaban dos años estudiando bajo condiciones inadecuadas de iluminación.

Segundo, la selección fue aleatoria no se tuvo en cuenta ningún factor sintomatológico para evaluar a los alumnos y alumnas.

Tercero, se evaluaron el mismo número de niños y niñas.

Cuarto, las evaluaciones se llevaron a cabo en horas lectivas: Martes, Miércoles, Sábado y Domingo de 9.00h a 12.00h y de 16.00h a 17.30h, Lunes y Jueves de 9.00h a 12.00h. Quinto, debido a la barrera lingüística se diseñaron dibujos con las posibles respuestas de las pruebas a realizar, el idioma elegido para la comunicación entre el examinador y los alumnos fue el árabe.

Respecto al diseño del estudio optométrico se dividió en cinco apartados:

1. Anamnesis

Para obtener la máxima información posible del paciente se diseñó una anamnesis con preguntas para formular a los alumnos y profesores y preguntas a contestar mediante la observación propia del examinador.

La anamnesis se enfocó para detectar síntomas por ello se realizaron preguntas claras y concretas para obtener la máxima información posible teniendo en cuenta la dificultad generada a la hora de comunicarse. El examinador se encargó de evaluar la postura del alumno al escribir, posición de la cabeza, distancia de lectura y asimetría facial. En el **Anexo II** se encuentra el conjunto de preguntas y factores a examinar.

2. Evaluación de la salud ocular

Para cada paciente se realizó la media del punto próximo de convergencia mediante luz puntual (PPC), los reflejos pupilares, el test de Hirschberg, el test de fijación, test de antisupresión con filtro rojo, cover test (CT) y Maddox.

3. Evaluación del estado refractivo

En la evaluación del estado refractivo se hizo una toma de agudezas visuales (AV) sin corrección y con corrección. Para la medida de AV se utilizaron test de respuesta por emparejamiento, el test de Pigassou en visión lejana (VL) y el test de LEA de estructura logarítmica en visión próxima (VP). Se realizó una refracción objetiva mediante retinoscopia y una refracción subjetiva mediante gafa de prueba.

4. Evaluación de la visión binocular no estrábica

El estudio se comenzó efectuando la media de la amplitud de acomodación monocular (AA) (método de Donders) y la flexibilidad acomodativa binocular (FAB) mediante un filtro antisupresión. Cuando los resultados obtenidos se encontrasen fuera de la norma se realizó la flexibilidad acomodativa monocular (FAM). Si ésta fue correcta, se midieron las vergencias fusionales relativas horizontales (VFRH). De esta forma identificaremos si se trata de un problema acomodativo o vergencial. Por último, se midió el retraso acomodativo mediante la retinoscopia de método de estimación monocular (MEM).

5. Evaluación de la motilidad ocular

Se realizaron los test de motilidad extraocular, sacádicos y seguimientos. Además de la confrontación de campos.

En el momento de realizar el screening visual todas las pruebas se midieron en visión próxima exceptuando la toma de agudezas visuales que se hizo para ambas distancias. De esta forma se quiere verificar si los alumnos presentaban problemas a la hora de realizar tareas en VP tales como: leer, escribir, colorear, etc. La ficha del screening visual se encuentra disponible en el **Anexo III**.

Una vez en el terreno se presentaron problemas a la hora de realizar el estudio. La barrera lingüística ocasionaba problemas de comunicación, el cansancio de los alumnos generaba una mala respuesta durante las pruebas y la falta de información de los profesores en cuanto a la sintomatología del alumno dificultaba el estudio. Visto esto, se decidió rediseñar el screening visual con el fin de que fuera más eficiente.

Se redujo el estudio y al final consistió en una anamnesis en la que solo se tuvieron en cuenta las preguntas a contestar por el examinador mediante observación propia y las preguntas realizadas a los alumnos. Además en la evaluación de la salud ocular se realizaron todas las pruebas previamente mencionadas excepto el CT. El test de antisupresión se elimino como tal para unirlo a la prueba de Maddox. En la evaluación del estado refractivo solo se tomaron agudezas visuales sin corrección en VP y VL y solo se realizo la refracción objetiva. Para la evaluación de la visión binocular no estrábica se llevaron a cabo todas las pruebas mencionadas sin tener en cuenta los resultados de la FAB y FAM. Por último, en la evaluación de la motilidad ocular solo se evaluó la motilidad extraocular. En la tabla 1 se encuentran resumidas las pruebas realizadas, aunque el protocolo del examen optométrico no fue el mismo se utilizaron las fichas previamente diseñadas.

Tabla 1: Estudio optométrico final realizado a los alumnos.

Anamnesis	Preguntas a los alumnos y preguntas a contestar por el examinador
Salud ocular	PPC, reflejos pupilares, Hirschberg, fijación y Maddox con filtro antisupresión
Estado refractivo	AV sin corrección en VL y VP y refracción objetiva
Visión binocular no estrábica	AA, FAB con filtro antisupresión, FAM, VFRH y MEM
Motilidad ocular	Sacádicos y seguimientos

Se elaboró un criterio de clasificación de las disfunciones para poder agrupar los datos obtenidos. Para ello se dividieron en tres grandes grupos teniendo en cuenta los criterios de clasificación del Dr. Antonio López Alemany^[14] y del Dr. Mitchell Scheiman^[15]:

- Anomalías acomodativas:
 - Insuficiencia acomodativa
 - Exceso acomodativo
 - Inflexibilidad acomodativa
- Anomalías de la visión binocular:
 - Insuficiencia de convergencia
 - Exceso de convergencia
 - Disfuncion de la vergencia fusional
- Anomalías oculomotoras:
 - Sacádicos
 - Seguimientos

En la tabla 2 se explican los signos y síntomas utilizados para clasificar cada caso dentro de una de las anomalías anteriores.

Además se elaboró una tabla con los valores normales de cada prueba realizada en función de la edad para así poder clasificar las disfunciones.^{[14][15]}

En el **Anexo IV** se puede consultar la tabla empleada de valores normales.

Tabla 2: Signos y síntomas característicos de las anomalías de la visión binocular no estrábica estudiadas.

<i>Anomalía</i>	<i>Signos</i>	<i>Síntomas</i>
Insuficiencia acomodativa	AA < 2.00D FAM y FAB falla con – MEM alto	Dolor de cabeza Vision borrosa en VP Quemazón y epífora
Exceso acomodativo	AA normal o > 2.00D FAM y FAB falla con + MEM bajo	Cefaleas y astenopía en VP Distancia de lectura corta Visión borrosa periódica en VL Diplopia en VL
Inflexibilidad acomodativa	FAM y FAB falla con + y -	Cefaleas y astenopía en VP Visión borrosa en VL Posible diplopia en VP
Insuficiencia de convergencia	Vergencia fusional positiva ↓ PPC alejado FAB falla con + MEM bajo	Cefaleas y Astenopía Borrosidad en VP Diplopia ocasional Quemazón y epífora
Exceso de divergencia	Vergencia fusional negativa ↓ FAB falla con – MEM alto	No astenopía Diplopia intermitente
Disfunción de la vergencia fusional	Vergencia fusional positiva ↓ Vergencia fusional negativa ↓ FAB falla con + y – FAM normal AA normal	Cefaleas y fatiga ocular Astenopía Borrosidad Diplopia Pérdida en la lectura
Sacádicos	Habilidad < 3 Precisión < 3 Movimientos de cabeza < 3 Movimientos de cuerpo < 3	Movimiento excesivo de cabeza al leer Pérdida, omisiones de palabras o uso del dedo al leer Velocidad de lectura lenta
Seguimientos	Habilidad < 3 Precisión < 3 Movimientos de cabeza < 3 Movimientos de cuerpo < 3	Movimiento excesivo de cabeza al leer Pérdida, omisiones de palabras o uso del dedo al leer Velocidad de lectura lenta

También se crearon unos criterios para indicar que anomalía era la más relevante. El problema primario era acomodativo cuando la AA se encontraba 2.00D por encima o debajo de los valores normales y la FAM estaba alterada. Consideraremos también que la disfunción era acomodativa en el caso de que la FAM no estuviese alterada y los resultados de FAB estén fuera de norma y el alumno padecía sintomatología correspondiente a las anomalías acomodativas.

En cambio, el problema primario era de visión binocular cuando el PPC fuese mayor a 10cm, encontrásemos una foria descompensada, o la FAB se encontraba alterada con un valor normal de la FAM y de la AA.

Respecto al estado refractivo encontrábamos un error refractivo sin corregir cuando la AV binocular sin corrección era menor a 0.8 Snellen. Aunque la AV binocular fuese superior o igual a 0.8, se consideró la existencia de un error refractivo si la refracción objetiva con retinoscopio daba como resultado una hipermetropía \geq a 2.00D, una miopía \geq a 1.00D, un astigmatismo \geq a 1.00D o una anisometropía \geq a 1.00D.

VI. RESULTADOS

1) Estudio lumínico

De los tres colegios de primaria evaluados en el distrito de Bojador se realizan medidas en ocho aulas. En el primer colegio Mahfud Ali-Beiba se toman medidas en cuatro aulas, estas aulas están orientadas al norte y al sur. Las aulas medidas solo disponen de ventanas en una de las fachadas. En el segundo colegio Lal Handala, se miden dos aulas con orientación noroeste y sureste y en el tercer colegio Salem Ahmed Barkala, las dos aulas medidas tienen orientaciones norte y sur. En estos dos últimos colegios las ventanas se encuentran tanto en la fachada exterior como en la interior. En el **Anexo V** se encuentran los planos correspondientes de los tres colegios de primaria evaluados en el distrito de Bojador.

Una vez obtenidos todos los datos se elabora una tabla con los valores de iluminancia media (E_m), iluminancia mínima (E_{min}) y uniformidad de iluminancia (U), dicha tabla se encuentra disponible en el **Anexo VI**. Como se ha explicado en el apartado de metodología se tiene en cuenta la Norma Europea EN 12464-1 para hacer el análisis de los resultados.

- Resultados de iluminancias medias y uniformidad de iluminancias en las aulas

Comenzamos con las iluminancias medias evaluadas en cada aula, (tablas A VI-1, A VI-2 y A VI-3). De las ocho clases solo dos aulas cumplen la norma teniendo un valor de iluminancia media por encima de los 300 lux, ambas aulas tienen la misma orientación y se encuentran en colegios diferentes.

En el primer colegio Mahfud Ali-Beiba se obtienen los resultados más variables en comparación con el resto de colegios. Encontramos la iluminancia media máxima (443.77 lux) y la iluminancia media mínima (16.66 lux).

En el segundo colegio Lal Handala, las iluminancias medias son más homogéneas pero no cumplen la normativa. En una de las aulas encontramos un coeficiente de uniformidad por encima de la norma, siendo la diferencia de la iluminancia mínima y media muy pequeña. Por último, en el tercer colegio Salem Ahmed Barkala obtenemos la segunda iluminancia media más alta (335.89 lux).

- Resultados de iluminancias medias y uniformidad de iluminancias en las pizarras

Respecto a las iluminancias medias obtenidas en las pizarras (tablas A VI-4, A VI-5 y A VI-6) ningún colegio que evaluamos cumple la norma. Todos los valores obtenidos son muy inferiores a 500 lux.

En el colegio Mahfud Ali-Beiba obtenemos los valores máximos (251.28 lux) y mínimos (3.27 lux) al igual que con las iluminancias del aula. En las cuatro aulas evaluadas de este colegio obtenemos dos coeficientes de uniformidad superiores a la norma y otro muy próximo a ella. En el colegio Lal Handala las dos iluminancias medias obtenidas en las pizarras son muy similares en ambas pizarras y los coeficientes de uniformidad son superiores a 0.7.

En el tercer colegio Salem Ahmed Barkala las iluminancia media e iluminancia mínima son más dispares y una de las pizarras medidas no cumple el criterio de uniformidad.

Concluimos así que en ningún colegio de primaria del distrito de Bojador se cumple la norma EN 12464-1. Es decir, ningún colegio ofrece una iluminancia media de 300 lux en las aulas ni una iluminancia de 500 lux en las pizarras.

De los tres colegios de primaria evaluados el primer y tercer colegio (Mahfud Ali-Beiba y Salem Ahmed Barkala) tienen la misma orientación quedando unas ventanas orientadas hacia el norte y las otras al sur. Cuando las aulas disponen de ventanas en el sur con salida al patio interior se obtienen los mejores resultados frente a al resto de las aulas. Esto nos da

medidas de iluminancias medias muy dispares siendo el ambiente resultante muy diferente y los alumnos de ambos colegios estudian en condiciones lumínicas muy críticas. En cambio, en el segundo colegio (Lal Handala) la orientación es diferente, las aulas están hacia el este dando resultados más homogéneos entre el ala norte y sur. De esta forma las diferentes aulas quedan iluminadas de forma similar.

Se aprecia claramente la influencia de la orientación en el edificio, ésta es bien importante si queremos maximizar el uso de la luz natural, que como se ha explicado anteriormente, es de crucial importancia a la hora de crear un ambiente optimo para el aprendizaje.

Construir el edificio educativo a lo largo del eje este-oeste es una buena idea, así como colocar las ventanas laterales altas, lo que maximiza la distribución de la luz natural dentro del aula. Además, la colocación de ventanas en ambos lados reduce el contraste de iluminancias y las sombras que se puedan generan en las áreas de trabajo. Los materiales de las ventanas es otro factor determinante a la hora de conseguir una iluminación optima. En nuestro caso es útil el uso de vidrios translúcidos a fin de evitar la entrada de luz solar directa y difundir una mayor cantidad de luz.^[6]

Siempre y cuando estas medidas no sean suficientes para conseguir los niveles de iluminación indicados por la norma, se tiene que instalar una iluminación complementaria a la iluminación natural. De esta forma evitamos que los efectos de una mala iluminación repercutan en la salud visual.

En el **Anexo VII** se encuentran disponibles los mapas iso-lumínicos de las ocho aulas medidas.

Por una parte analizamos dos aulas dentro del colegio Mahfud Ali-Beiba (figuras A VI-2 y A VI-3) ambas comparten el mismo coeficiente de uniformidad pero la distribución de iluminancias es bien diferente. El aula 2 se encuentra en el ala norte del colegio mientras que el aula 3 esta hacia el sur, las dos tienen las ventanas de la fachada exterior orientadas al sur. Los mejores resultados los obtenemos en el aula 2 iluminada a través del patio interior, los valores no decrecen tan rápidamente según nos alejamos de las ventanas como ocurre en el aula 3.

Por otra parte comparamos un aula de cada colegio que comparten coeficientes de uniformidad próximos entre si (figuras A VI-1, A VI-5 y A VI-7).

En el colegio Mahfud Ali-Beiba el aula tiene las ventanas exteriores en el norte, con una iluminancia media de 68.99 lux, la luz solo entra por dos ventanas que dispone el aula por lo que la cantidad de luz que penetra es muy pequeña, con un valor mínimo de 30 lux y máximo de 100 lux. En el colegio Lal-Handala el aula tiene orientadas las ventanas de la fachada exterior al sur, además cuenta con unas pequeñas ventanas en la fachada que dan al patio interior. Para este aula la iluminación media es de 188.59 lux, las máximas iluminancias se obtienen en el área próximo a las ventanas (340 lux) y el valor mínimo es de 100 lux. Se aprecia claramente como la iluminancia decrece según nos alejamos de las ventanas. En cuanto al tercer colegio Salem Ahmed Barkala tiene ventanas del mismo tamaño en ambas fachadas y la iluminancia media del aula es de 335.89 lux. De esta manera obtenemos la distribución de iluminancias más homogénea de las tres aulas analizadas. En las zonas próximas de las ventanas orientadas al sur, donde hay incidencia directa de luz solar, se obtiene el valor máximo de 2250 lux. En cambio, en las ventanas del norte es de 160 lux y en la zona central del aula el valor máximo ronda los 200 lux.

De los tres colegios evaluados en el último obtenemos los mejores resultados lumínicos aun teniendo todas las aulas mencionadas coeficientes de uniformidad similares.

Comprobamos así que los valores de iluminancias medias y coeficientes de uniformidad no son suficientes para conocer la distribución de la luz en todo el área del aula, aun teniendo coeficientes iguales o muy próximos la distribución lumínica es muy dispar.

2) Estudio optométrico

Tras la clasificación de las disfunciones visuales de los 86 alumnos evaluados en los tres colegios de primaria del distrito de Bojador, y de acuerdo con los criterios explicados en el apartado anterior, encontramos que el 86% padece alguna anomalía en la visión, solo en un 14% no se encontró ninguna alteración.

En la figura 2 se muestra una representación del porcentaje encontrado para las anomalías acomodativas, binoculares y oculomotoras.

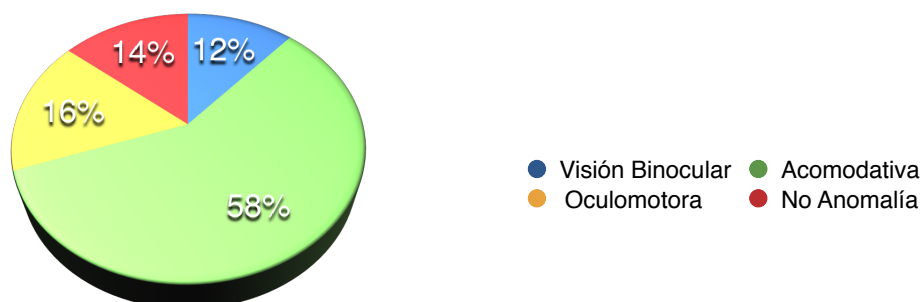


Figura 2: Incidencia en tanto por ciento de las tres anomalías principales: acomodativa, binocular y oculomotora.

La anomalía acomodativa es la más frecuente, más de la mitad de los alumnos tienen alterada la acomodación, seguida por la oculomotora con un porcentaje del 16% y por último la anomalía de visión binocular (12%).

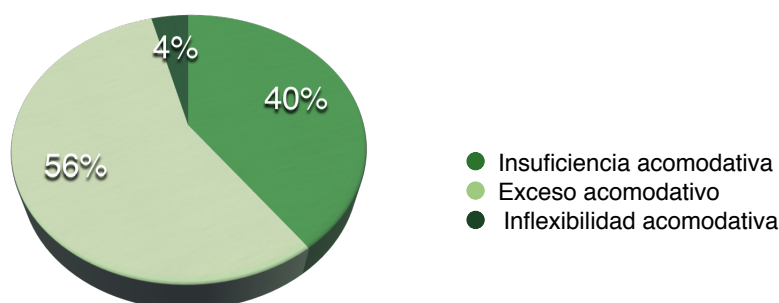


Figura 3: Incidencia en tanto por ciento de las anomalías acomodativas: insuficiencia acomodativa, exceso acomodativo e inflexibilidad acomodativa.

En la figura 3 se muestra los porcentajes de incidencia de las anomalías acomodativas. El exceso acomodativo es la disfunción más frecuente (56%), la insuficiencia acomodativa tiene una prevalencia menor (40%) y la inflexibilidad acomodativa es la menos frecuente.

En la figura 4 podemos apreciar como se combinan las anomalías acomodativas y en que número aparecen solas o acompañadas de las otras dos anomalías restantes.

El exceso acomodativo es la disfunción que obtiene mayor prevalencia entre los alumnos, esta aparece sola en el 46% de los casos y el 54% restante se combina con las anomalías oculomotoras, en la mayoría de los casos aparecen afectado ambos movimientos oculares: sacádicos y seguimientos.

En cuanto a la insuficiencia acomodativa, aparece como única disfunción en el 45% de los casos. Esta se combina con anomalías oculomotoras (30%) y también aparece acompañada de anomalías de la visión binocular (10%) y además aparecen todas las anomalías juntas (15%).

Por último, la inflexibilidad acomodativa es la anomalía con menor prevalencia, la encontramos sola o asociada a una anomalía de la visión binocular.

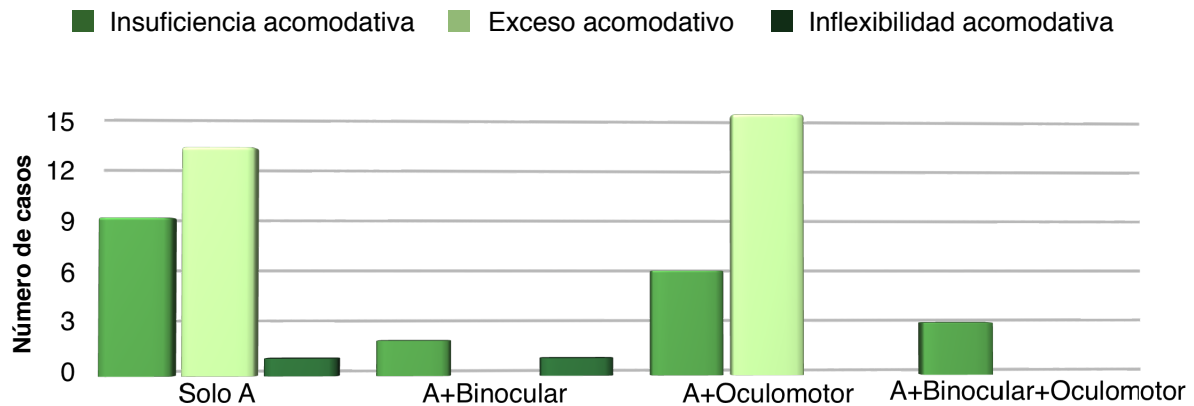


Figura 4: Histograma que representa la frecuencia de las tres anomalías acomodativas (A): insuficiencia acomodativa, exceso acomodativo e inflexibilidad acomodativa. El histograma también representa como se combinan las anomalías acomodativas con las anomalías de la visión binocular y las anomalías oculomotoras.

Cabe destacar que dentro de las anomalías acomodativas, en el exceso acomodativo se encontró un 25% de casos referidos al estrés acomodativo.

El estrés acomodativo es la antesala a una anomalía, es el inicio del proceso donde se aprecian desequilibrios en el sistema visual sin ser característicos a alguna anomalía acomodativa. Todos los casos presentan AA menores a las esperadas para su edad y fallo con lente positiva en la FAM. Además la mayoría de los casos también presentan fallo con lente positiva en la FAB. Con lo que tienen disminuida la capacidad acomodativa como problemas para relajar la acomodación. El estrés acomodativo se manifiesta como una incapacidad de mantener una respuesta acomodativa sana y eficaz.

La anomalía oculomotora es la segunda anomalía más frecuente con una incidencia del 16%. En la figura 5 se representan los porcentajes de incidencia de las anomalías oculomotoras. En la mayoría de los casos ambos movimientos oculares, sacádicos y seguimientos, aparecen alterados.

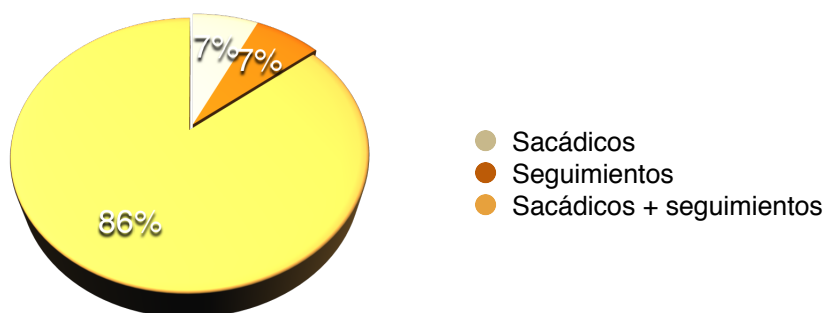


Figura 5: Incidencia en tanto por ciento de las principales anomalías oculomotoras: sacádicos y seguimientos.

Por último, las anomalías de la visión binocular son las menos frecuentes entre los alumnos. Dentro de éstas, la insuficiencia de convergencia tiene una incidencia mayor en comparación con el exceso de convergencia. No encontramos ningún caso en el que la disfunción de las vergencias fusionales sea el problema primario. En la figura 6 se representa la incidencia de las anomalías de la visión binocular.

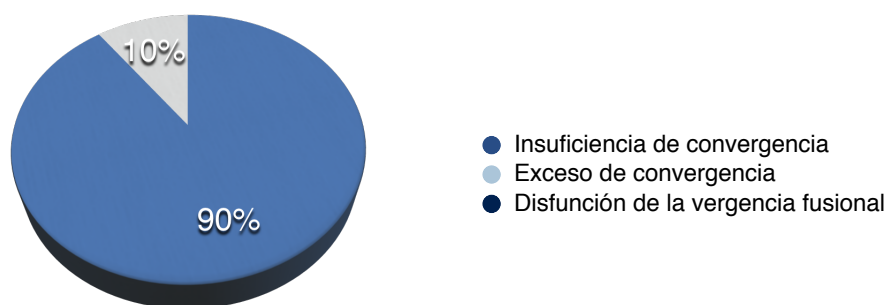


Figura 6: incidencia en tanto por ciento de las anomalías de la visión binocular: insuficiencia de convergencia, exceso de convergencia y disfunción de la vergencia fusional.

En la figura 7 se analiza como se combinan las anomalías de la visión binocular con las anomalías acomodativas y oculomotoras.

La insuficiencia de convergencia es la anomalía más frecuente entre los alumnos, en un 44% de los casos esta anomalía se combina con una disfunción acomodativa y oculomotora. Sólo en un 33% de los casos el problema secundario es acomodativo, esta aparece sola con un porcentaje del 11%, el mismo porcentaje que cuando la insuficiencia de convergencia se acompaña de anomalías oculomotoras.

El exceso de convergencia aparece asociado a las anomalías acomodativas y oculomotoras.

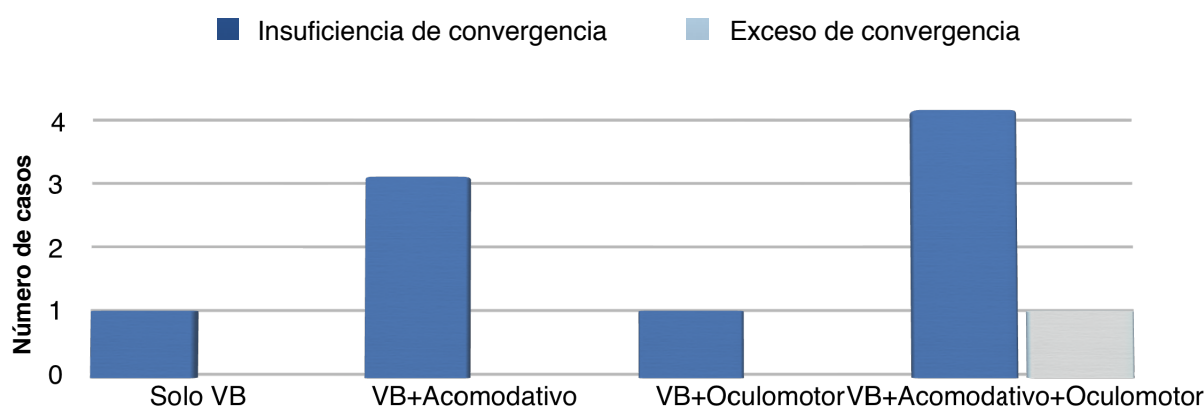


Figura 7: Histograma que representa la frecuencia de las dos anomalías de la visión binocular (VB) presentes: insuficiencia de convergencia y exceso de convergencia y la combinación de estas con las anomalías acomodativas y oculomotoras.

Dentro de los 86 casos analizados encontramos cuatro casos en los cuales los alumnos presentan un exoforia que no pueden compensar con la reserva fusional positiva. Del mismo modo encontramos dos casos en los que aparece alterada la foria disociada horizontal y el test de Hirschberg, uno de ellos se trata de una endotropía y el otro de una exotropía.

Respecto al error refractivo, de todos los alumnos de primaria evaluados solo un 34% presentaba un error refractivo sin corregir según los criterios aplicados previamente, los alumnos no padecen un error refractivo sin corregir siempre que la AV binocular sea superior a 0.8 Snellen. En el caso de ser inferior la retinoscopía objetiva da como resultado una hipermetropía $\geq 2.00D$ o una miopía, astigmatismo y anisometropía $\geq 1.00D$. Cabe añadir que ninguno de los alumnos evaluados portaban ayuda óptica en caso de necesitarla. En la figura 8 se representa la incidencia de error refractivo sin corregir en tanto por ciento según los criterios aplicados.

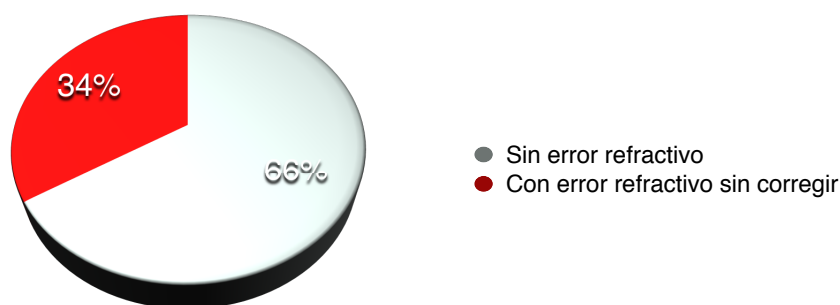


Figura 8: Incidencia en tanto por ciento del error refractivo en función de los criterios: sin error refractivo y con error refractivo sin corregir.

El grupo de alumnos que no presenta ningún error refractivo sin corregir es el más frecuente, dentro de este grupo el 58% son niños y el 42% niñas. En cambio, en el grupo que si presenta un error refractivo sin corregir un 34% son niños y el 66% restante son niñas.

Cuando existe un error refractivo sin corregir según los criterios aplicados, vemos como el tipo de ametropía varía en función del sexo. En la figura 9 se muestran los resultados obtenidos que hacen referencia al número de ojos evaluados.

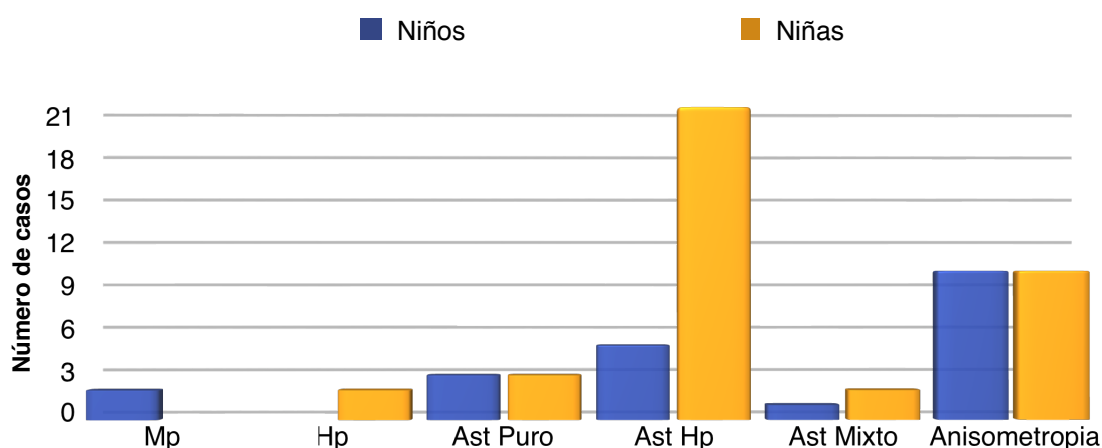


Figura 9: Histograma que representa la incidencia según sexo de las diferentes ametropías: miopía (Mp), hipermetropía (Hp), astigmatismo puro (Ast Puro), astigmatismo miópico (Ast Mp), astigmatismo hipermetrópico (Ast Hp), astigmatismo mixto (Ast Mixto), anisometropía y ninguna ametropía.

El tipo de error refractivo sin corregir con mayor incidencia en ambos sexos es el astigmatismo hipermetrópico (44%), seguido por la anisometropía (34%) y el astigmatismo puro (10%). No encontramos ningún caso de astigmatismo miópico sin corregir entre los alumnos. La incidencia de las ametropías es diferente según el sexo. La miopía solo se da en los niños, en cambio la hipermetropía y el astigmatismo hipermetrópico se da más en las niñas. Tanto el astigmatismo puro como la anisometropía afecta por igual en ambos sexos.

Cabe añadir que en el 55% de los casos los alumnos presentan una hipermetropía menor a 2.00 D y en el 29% de los casos encontramos un astigmatismo hipermetrópico que no es necesario corregir de acuerdo a los criterios aplicados.

VII. DISCUSIÓN

A continuación intentaremos relacionar los resultados obtenidos de ambos estudios.

En lo que se refiere al estudio lumínico como se ha comentado en el apartado anterior, ningún colegio evaluado cumple la norma EN 12464-1. Además se demuestra mediante los mapas iso-lumínicos que existen diferentes distribuciones de iluminancias en las aulas con los mismos coeficientes de uniformidad.

En cuanto al estudio optométrico, encontramos que la mayoría de los alumnos tienen alterada la visión, siendo el problema acomodativo el más frecuente. Dentro de las tres anomalías estudiadas el exceso acomodativo tiene una mayor prevalencia. En cuanto a los problemas oculomotores en la mayoría de los casos se presentan alterados ambos movimientos, y en el ámbito vergencial la insuficiencia de convergencia es la más frecuente.

Los alumnos saharauis estudian en penumbra realizando tareas en visión próxima, tareas que requieren de una buena visión para poder ejecutarlas correctamente. Las condiciones lumínicas exigen a los alumnos cambios constantes del sistema visual a causa de los altos contrastes lumínicos y deslumbramientos que se generan en la aulas debido a una incorrecta iluminación.

El trabajo en visión cercana genera por parte del sistema visual una demanda acomodativa y vergencial, conocida como la sincinesia de acomodación-convergencia. Cuando miramos un objeto cercano la potencia del cristalino aumenta gracias a la contracción de los músculos ciliares, los ojos convergen por la contracción del músculo recto medio y también se da una contracción pupilar por el músculo esfínter del iris. Esto se debe a que los músculos mencionados comparten el mismo par craneal, el III par, con función parasimpática. Dicho proceso es de vital importancia a la hora de mantener una correcta visión binocular.

Comparamos los resultados obtenidos con un estudio realizado a alumnos granadinos entre 6 y 12 años^[16]. En dicho estudio no se expone claramente los criterios de clasificación de las diferentes anomalías, evaluamos la incidencia de las anomalías estudiadas en nuestro estudio.

Las anomalías binoculares tienen una mayor incidencia entre los alumnos granadinos (25.7%), siendo la disfunción de la vergencia fusional es el problema más frecuente (6.3%), ya que la insuficiencia de convergencia y el exceso de convergencia tienen una incidencia menor del 2%. Las anomalías acomodativas tienen un porcentaje de incidencia menor (6.9%). Dentro de éstas la inflexibilidad acomodativa (3.2%) y la insuficiencia acomodativa (3.0%) se dan por igual siendo el exceso acomodativo el menos frecuente (1.7%). Por último las anomalías oculomotoras afectan en un 5.5%. Además en dicho estudio se corrobora como las anomalías acomodativas y oculomotoras influyen en el rendimiento escolar de los alumnos.

A la vista de ésta diferencia entre los alumnos granadinos y saharauis podemos suponer que una mala iluminación puede ser un factor relevante que afecta en la salud visual, todas las disfunciones que tienen alteradas los alumnos saharauis tienen una relación directa con la falta de iluminación.

La situación en la que estudian los alumnos fomenta la activación del sistema nervioso parasimpático para así aumentar la profundidad de foco y regular la entrada de luz a la retina, continuamente se contraen los músculos y ésta afectación en el tono muscular puede generar consecuencias en la acomodación tónica. Ésta hipótesis puede explicar la gran incidencia de excesos acomodativos y como consecuencia de este problema acomodativo

se induce una insuficiencia de convergencia, que como hemos mencionado anteriormente, en la mayoría de los casos se acompaña de una anomalía acomodativa.

También el estar en situaciones de baja iluminación y con ausencia de estímulos acomodativos (mirar a la pizarra) desencadena un mayor retraso acomodativo en visión próxima.^[11] Asimismo trabajar a distancias cortas y en bajas condiciones lumínicas repercute en la fusión sensorial y motora desestabilizando la condición binocular.^[10] Estos hechos pueden explicar porque es tan alta la incidencia del exceso acomodativo y la insuficiencia de convergencia en comparación a las otras anomalías estudiadas.

Además el estudiar en penumbra fomenta la reducción de la distancia de trabajo para así conseguir un mayor aumento que facilite la realización de la tarea. Siempre que se de esta condición se esta induciendo la aparición de las anomalías mencionadas.

Al comparar la incidencia de los errores refractivos sin corregir. El astigmatismo hipermetrópico y la anisometropía son los errores refractivos con mayor prevalencia en los alumnos saharauis y cuando no existe ningún error refractivo sin corregir la hipermetropía y el astigmatismo hipermetrópico son las ametropías más frecuentes. Por lo que, la hipermetropía y el astigmatismo hipermetrópico se dan en mayor número entre los alumnos.

La hipermetropía es el error refractivo más común dentro de los escolares debido al proceso de emetropización y como consecuencia el ojo es hipermetrope durante la primera década de vida. En este momento el ojo puede frenar su crecimiento pero si continua aumentando la longitud axial se induce una miopía.

La prevalencia de la miopía en los alumnos saharauis es muy pequeña, esto puede deberse a la gran cantidad de horas que están expuestos a luz solar. Solo analizamos la influencia de los factores ambientales en el desarrollo de la miopía, sin tener en cuenta los factores genéticos que no hemos podido estudiar.

Un estudio realizado en Sydney^[17] concluye que grandes exposiciones al aire libre se asocian con refracciones más hipermetrópicas. Cuando los estudiantes realizan por poco tiempo actividades en visión próxima además de pasar mucho tiempo al aire libre, los resultados son más hipermetrópicos en comparación a los estudiantes que pasan más horas trabajando en cerca que al aire libre. El estudio sugiere que cuando se esta al aire libre la intensidad lumínica es mayor generando una contracción pupilar que aumenta la profundidad de foco y da una imagen menos borrosa. De forma paralela en la retina se libera dopamina como consecuencia a la exposición solar, y ésta puede ser un inhibidor en el crecimiento del globo ocular. Actualmente esta hipótesis no esta contrastada pero puede explicar porque la incidencia de luz natural da como resultado una menor prevalencia de miopía.

Así mismo, se ha demostrado una relación directa entre la intensidad de luz y el desarrollo de la miopía en pollos. Cuando estos son expuestos a iluminaciones altas, tanto artificiales como naturales se frena el crecimiento axial del globo ocular.^[18]

Los alumnos saharauis aun estudiando en penumbra una media de 5h diarias y con distancias de trabajo muy cortas pasan la mayor parte del día al aire libre. Teniendo en cuenta que la iluminancia de la luz solar va desde los 30.000 lux hasta los 100.000 lux, se reúnen así la condiciones apropiadas para frenar la elongación del globo ocular a lo largo de su eje evitando así la formación de miopía o paralizando el desarrollo de la misma.

En lo que se refiere a la incidencia de errores refractivos sin corregir comprobamos que existe cierta diferencia en función del sexo, las niñas saharauis obtienen una mayor incidencia en comparación con los niños. Un estudio realizado en Arabia Saudí^[19] señala que las niñas presentan más errores refractivos que los niños.

VIII. CONCLUSIONES

Tomando los datos analizados en el apartado anterior y teniendo en cuenta que nos encontramos ante un estudio piloto. En principio se puede concluir que una mala iluminación influye en la salud visual.

En cuanto a los resultados lumínicos ningún colegio evaluado cumple la norma y los alumnos saharauis se encuentran bajo condiciones lumínicas inapropiadas. Siendo común encontrar en las aulas falta de uniformidad lumínica, así como contrastes lumínicos altos y frecuentes deslumbramientos.

Por otro lado los resultados optométricos obtenidos se resumen en una gran incidencia de anomalías acomodativas siendo el exceso acomodativo el más frecuente. Las anomalías oculomotoras también están presentes en un gran número de casos encontrándose alterados los movimientos sacádicos y seguimientos. Por último, las disfunciones de visión binocular son las menos frecuentes entre los alumnos y dentro de estas la insuficiencia de convergencia tiene una mayor prevalencia.

A la vista de los resultados y comparándolos con el estudio optométrico de Granada^[16] podemos decir que una inadecuada iluminación si influye en el sistema visual de los alumnos saharauis, pudiendo verse afectada la acomodación tónica debido al aumento del tono muscular generado por la inadecuada iluminación, además de la descompensación de heteroforias.

La luz eléctrica actualmente en los campamentos de refugiados no funciona correctamente. En un futuro se espera una mejora de estructuras gracias al trabajo que realizan las ONGs en dichos campamentos, teniendo en cuenta que la situación actual en la que se encuentran los alumnos va a cambiar, sería útil hacer un estudio futuro con los mismos criterios de evaluación y así demostrar si una mala iluminación repercute en la salud visual.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Almería Sahara TV. *Explicación del Conflicto del Sahara Occidental* [en línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=fzsGYB4qF6U>. España, 2013
2. Gonzalez Garcia, Tito; Abujamra, Samir. El desierto del desierto [en línea]. Disponible en: <https://vimeo.com/75545431>. Sahara, 2014
3. Cámara Rubio, Juan Carlos. *Política comparada de la educación social, Tema 4: La educación en los campamentos Saharauis*. UNED Islas Baleares, 2013
4. Herz, Manuel. *From camp to city refugee camps of the Western Sahara*. Zürich, Lars Müller Publisher, 2013
5. Dapena, M^o Teresa. *Riesgos ergonómicos en el lugar de estudio* [en línea]. Disponible en: http://solutions.productos3m.es/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?lmd=1244816263000&locale=es_ES&assetType=MMM_Image&assetId=1180606428534&blobAttribute=ImageFile
6. Robles Machuca, Luis Fernando. *Confort visual: Estrategias para el diseño de iluminación natural en aulas del sistema de educación básica primaria en el AMM Nuevo León*. Mexico, 2014
7. UNE-EN 12464-1. *Iluminación. Iluminación de los lugares del trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores*.
8. García Alcolea, Eglis Esteban; Alcolea Sotelo, Ana Rosa. *Iluminación y salud visual ocupacional*. Cuba, 2010
9. Van Bommel, W.J.M; Van den Beld, G.J. *La iluminación en el trabajo: Efectos visuales y biológicos*. Holanda, 2004
10. Bruce J.; Evans W. *Optometric prescribing for decompensated heterophoria*. Vol. 9, (2008), p. 63-78
11. Owens, A.; Leibowitz, H. W. *Accommodation, convergence, and distance perception in low illumination*. Vol. 57, (1980), p. 540-550
12. Pickwell, L. D.; Yekta, A. A.; y. Jenkins, T. C. A. *Effect of reading in low illumination on fixation disparity*. Vol. 64, (1987), p. 513-518
13. Heschong Mahone Group. *Daylighting in schools: An investigation into relationship between daylighting and human performance*. California, 1999
14. López Alemany, Antonio. *Optometría Pediátrica*. Valencia, Ulleye, 2014
15. Scheiman, Mitchell; Wick, Bruce. *Clinical management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders*. Fourth edition, Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins, 2014
16. Lazaro, M. del Mar; García, J. A.; y. Perales, F. J. *Anomalías de la visión y rendimiento escolar en la Educación Primaria. Un estudio piloto en la población granadina*. Vol. 27, (2013), p. 101-119
17. Kathryn, A. R.; Morgan, I. G.; Ip, J.; Kifley, Annette; Huynh, Son; Smith, Wayne; y. Mitchell, P. *Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children*. Vol. 115, (2008), p. 1279-1285
18. Asbby, R.; Oblendorf, A.; Schaeffel F. *The effect of ambient illuminance on the development of deprivation myopia in chicks*. Vol. 50, (2009), p. 5348-54
19. Fahd Abdullah Al Wadaani; Tarek Tawfik Amin; Ayub Ali; y. Ataur Rahman Khan. *Prevalence and Pattern of refractive errors among primary school children in al Hassa, Saudi Arabia*. Vol. 5, (2013), p. 125-134

X. ANEXOS

- **Anexo I:** fotos de las tres escuelas de primaria del distrito de Bojador

I. Colegio de primaria Mahfud Ali-Beiba

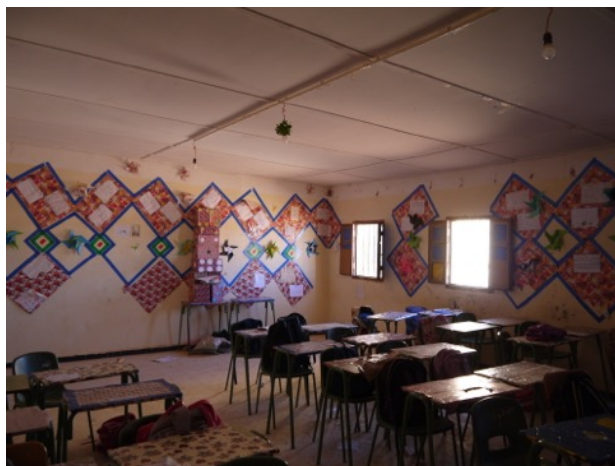


Foto A I-1: iluminación natural de la fachada interna



Foto A I-2: entrada de luz natural por la fachada externa



Foto A I-3: ventana de madera con el cristal roto, en su lugar se colocó un plástico traslucido

II. Colegio de primaria Lal Handala



Foto A I-4: iluminación natural a través de la fachada interna

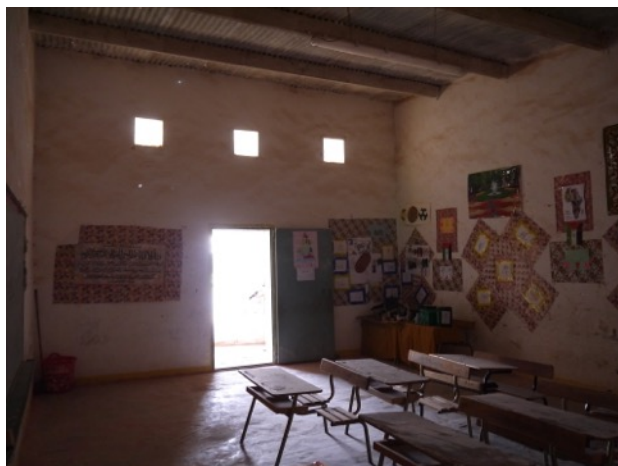


Foto A I-5: iluminación natural en fachada interior a través de las ventanas de metacrilato y la puerta



Foto A I-6: ventana metálica de la fachada exterior

III. Colegio de primaria Salem Ahmed Barkala



Foto A I-7: iluminación natural de la fachada exterior, ventanas de cristal y pavés



Foto A I-8: iluminación natural de la fachada interior



Foto A I-9: ventana exterior de cristal

- **Anexo II:** ficha de anamnesis del estudio optométrico

NIÑOS	¿CUANDO APARECE?
Dolor de cabeza	Si A veces No
Dolor de ojo	Si A veces No
Picor de ojo	Si A veces No
Ver doble la pizarra	Si A veces No
Ver borrosa la pizarra	Si A veces No
Ver doble el libro	Si A veces No
Ver borroso el libro	Si A veces No

PROFESORES	¿CUANDO APARECE?	NOMBRE DEL ALUMNO
Le cuesta copiar de la pizarra	Si A veces No	
Se acerca al libro cuando lee	Si A veces No	
Gira la cabeza al escribir	Si A veces No	
Usa el dedo al leer	Si A veces No	
Confunde las letras al leer	Si A veces No	
Olvida letras al escribir	Si A veces No	
Lee muy despacio	Si A veces No	
Cierra un ojo	Si A veces No	
Le cuesta atender / concentrarse	Si A veces No	

OBSERVACIÓN PROPIA	INTENSIDAD	NOTAS
Se acerca el papel al leer	0 1 2 3	
Gira el papel al escribir	0 1 2 3	
Ladea la cabeza al escribir	0 1 2 3	
Ladea la cabeza al andar	0 1 2 3	
Mueve con facilidad los ojos	0 1 2 3	
Se sienta torcido	0 1 2 3	
Asimetría facial	0 1 2 3	

- **Anexo III:** ficha de screening visual realizada a los alumnos

Nombre:		Sexo: M F	
Apellidos:		Edad:	

PPC REFLEJOS FIJACION	FILTRO ROJO' CT'	MADDOX' -VERTICAL: -HORIZONTAL:																								
AV_{sc} OD OI AO	AV'_{sc} OD OI AO	AV_{cc} AV'_{cc} OD OI AO																								
RX OBJ. I RETINOSCOPIA <table border="1"> <tr> <td></td> <td>Esfera</td> <td>Cilindro</td> <td>Eje</td> </tr> <tr> <td>OD</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>OI</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Esfera	Cilindro	Eje	OD				OI				RX SUBJ. I GAFA PRUEBA <table border="1"> <tr> <td></td> <td>Esfera</td> <td>Cilindro</td> <td>Eje</td> </tr> <tr> <td>OD</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>OI</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Esfera	Cilindro	Eje	OD				OI				
	Esfera	Cilindro	Eje																							
OD																										
OI																										
	Esfera	Cilindro	Eje																							
OD																										
OI																										
AAmono OD OI ARmono OD OI FAB(+2.00/-2.00)	FAM(+2.00/-2.00) OD OI VFN' VFP'	MEM OD OI																								
Sacádicos Habilidad Precision Movimientos de cabeza/cuerpo	Seguimientos Habilidad Precision Movimientos de cabeza/cuerpo	Confrontación de campo OD OI																								

- **Anexo IV:** valores normales para la clasificación de las anomalías

ACOMODACIÓN		
AA DONDERS	18-1/3*edad	± 2.00D
AR DONDERS	< 4 cm	
FAB VP	6 años: 3 cpm 7 años: 3.5 cpm 8-12 años: 5 cpm 13-30 años: 8 cpm	± 2.50cpm ± 2.50cpm ± 2.50cpm ± 5.00cpm
FAM VP	6 años: 5.5 cpm 7 años: 6.5 cpm 8-12 años: 7 cpm 13-30 años: 11 cpm	± 2.50cpm ± 2.00cpm ± 2.50cpm ± 5.00cpm
MEM	+0.50D	± 0.25D
TEST	VALOR	DESVIACIÓN ESTANDAR

VISIÓN BINOCULAR		
PPC'	3 cm	± 4 cm
CT'	3 exo	± 3 Δ
MADDOX'	FH: 3 exo FV: ORTO	± 3 Δ
VFN' (BN)	x/12/7	- /± 5/± 4
VFP' (BT)	x/23/16	- /± 8/± 6
TEST	VALOR	DESVIACIÓN ESTANDAR

SACÁDICOS

Puntos		
Habilidad	1	< 2 ciclos completos
	2	2 ciclos completos
	3	3 ciclos completos
	4	4 ciclos completos
	5	5 ciclos completos
Precisión	1	Movimientos hipo o hipermétricos de gran amplitud > 1 vez
	2	Movimientos hipo o hipermétricos moderados > 1 vez
	3	Movimientos hipo o hipermétricos constantes > 50% del tiempo
	4	Movimientos hipo o hipermétricos intermitentes < 50% del tiempo
	5	No hay movimientos
Movimiento de cabeza y cuerpo	1	Grandes movimientos
	2	Movimientos moderados
	3	Ligeros movimientos durante > 50% del tiempo
	4	Ligeros movimientos durante < 50% del tiempo
	5	No existe movimiento

NSUCO SACCADE TEST Minimal Acceptable Score by Age and Sex

Age	Ability		Accuracy		Head Mvmnt		Body Mvmnt	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
5	5	5	3	3	2	2	3	4
6	5	5	3	3	2	3	3	4
7	5	5	3	3	3	3	3	4
8	5	5	3	3	3	3	4	4
9	5	5	3	3	3	3	4	4
10	5	5	3	3	3	4	4	4
11	5	5	3	3	3	4	4	5
12	5	5	3	3	3	4	4	5
13	5	5	3	3	3	4	5	5
14	5	5	4	3	3	4	5	5

SEGUIMIENTOS

Puntos		
Habilidad	1	No puede completar 1/2 rotación en sentido horario o antihorario
	2	Completa 1/2 rotación en ambas direcciones
	3	Completa 1 rotación pero no 2 en ambas direcciones
	4	Completa 2 rotaciones sólo en una dirección
	5	Completa 2 rotaciones en cualquier sentido
Precisión	1	Refijaciones > 10 veces
	2	Refijaciones entre 5 a 10 veces
	3	Refijaciones entre 3 y 4 veces
	4	Refijaciones 2 o menos veces
	5	No hay refijaciones
Movimiento de cabeza y cuerpo	1	Grandes movimientos
	2	Movimientos moderados
	3	Ligeros movimientos durante > 50% del tiempo
	4	Ligeros movimientos durante < 50% del tiempo
	5	No existe movimiento

NSUCO PURSUIT TEST Minimal Acceptable Score by Age and Sex

Age	Ability		Accuracy		Head Mvmnt		Body Mvmnt	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
5	4	5	2	3	2	3	3	4
6	4	5	2	3	2	3	3	4
7	5	5	3	3	3	3	3	4
8	5	5	3	3	3	3	4	4
9	5	5	3	4	3	3	4	4
10	5	5	4	4	4	4	4	5
11	5	5	4	4	4	4	4	5
12	5	5	4	4	4	4	5	5
13	5	5	4	4	4	4	5	5
14	5	5	5	4	4	4	5	5

- **Anexo V:** planos de las tres escuelas de primaria del distrito de Bojador

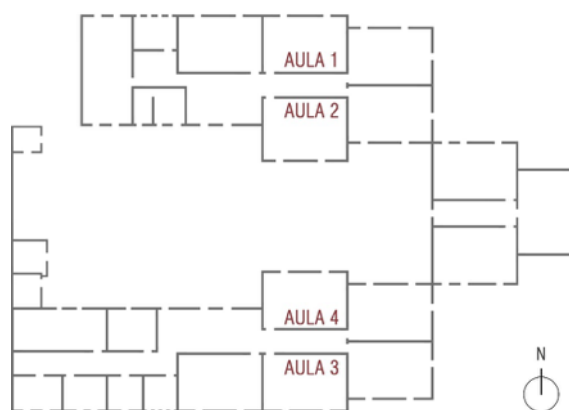


Figura A V-1: plano del colegio de primaria Mahfud Ali-Beiba

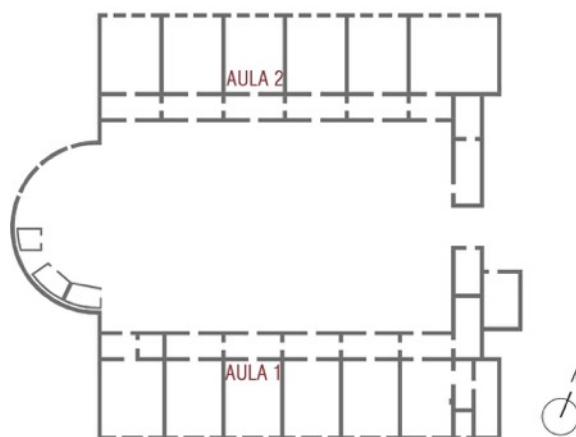


Figura A V-2: plano del colegio de primaria Lal Handala



Figura A V-3: plano del colegio de primaria Salem Ahmed Barkala

- **Anexo VI:** datos obtenidos en el estudio lumínico

Tabla A VI-1: resultados de las medidas tomadas en las cuatro aulas del colegio Mahfud Ali-Beiba: iluminancia media, iluminancia mínima y uniformidad de iluminancia

	E_m	E_{min}	U
Aula 1	68.99 lux	33.43 lux	0.48
Aula 2	443.77 lux	91.20 lux	0.21
Aula 3	190.54 lux	39.93 lux	0.21
Aula 4	16.66 lux	2.19 lux	0.13

Tabla A VI-2: resultados de las medidas tomadas en las dos aulas del colegio Lal Handala: iluminancia media, iluminancia mínima y uniformidad de iluminancia

	E_m	E_{min}	U
Aula 1	188.59 lux	101.33 lux	0.54
Aula 2	176.31 lux	132.33 lux	0.75

Tabla A VI-3: resultados de las medidas tomadas en las dos aulas del colegio Salem Ahmed Barkala: iluminancia media, iluminancia mínima y uniformidad de iluminancia

	E_m	E_{min}	U
Aula 1	335.89 lux	148 lux	0.44
Aula 2	142.69 lux	93 lux	0.65

Tabla A VI-4: resultados de las medidas tomadas en las cuatro pizarras de las aulas del colegio Mahfud Ali-Beiba: iluminancia media, iluminancia mínima y uniformidad de iluminancia

	E_m	E_{min}	U
Pizarra aula 1	106.01 lux	87.20 lux	0.82
Pizarra aula 2	251.28 lux	167.50 lux	0.67
Pizarra aula 3	252.97 lux	51.67 lux	0.20
Pizarra aula 4	3.27 lux	2.53 lux	0.77

Tabla A VI-5: resultados de las medidas tomadas en las dos pizarras de las aulas del colegio Lal Handala: iluminancia media, iluminancia mínima y uniformidad de iluminancia

	E_m	E_{min}	U
Pizarra aula 1	108.50 lux	79.60 lux	0.73
Pizarra aula 2	116.56 lux	109 lux	0.94

Tabla A VI-6: resultados de las medidas tomadas en las dos pizarras de las aulas del colegio Salem Ahmed Barkala: iluminancia media, iluminancia mínima y uniformidad de iluminancia

	E_m	E_{min}	U
Pizarra aula 1	103 lux	78 lux	0.75
Pizarra aula 2	117.12 lux	78.33 lux	0.67

- **Anexo VII:** mapas iso-lumínicos

I. Colegio de primaria Mahfud Ali-Beiba

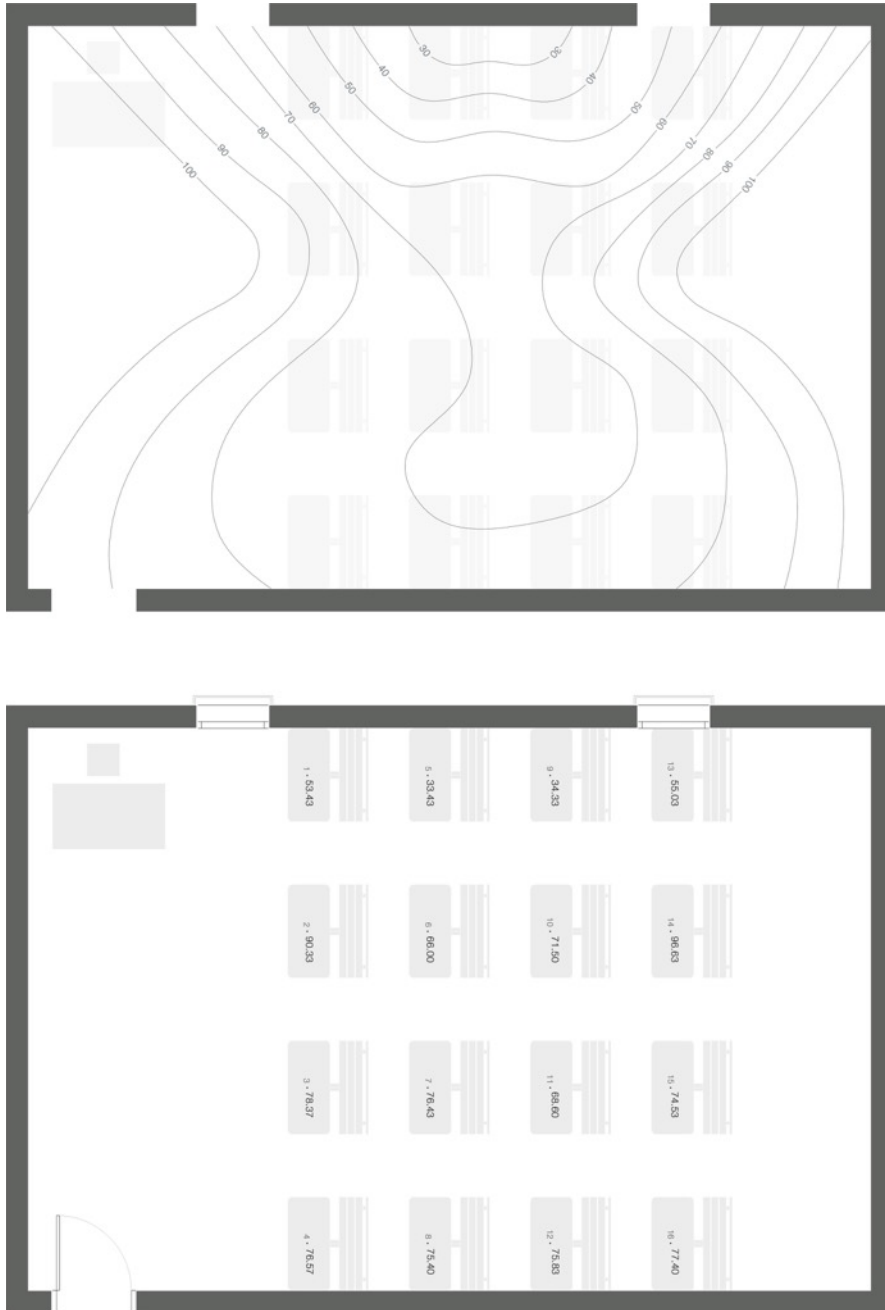


Figura A VII-1: Mapa iso-lumínico del aula 1

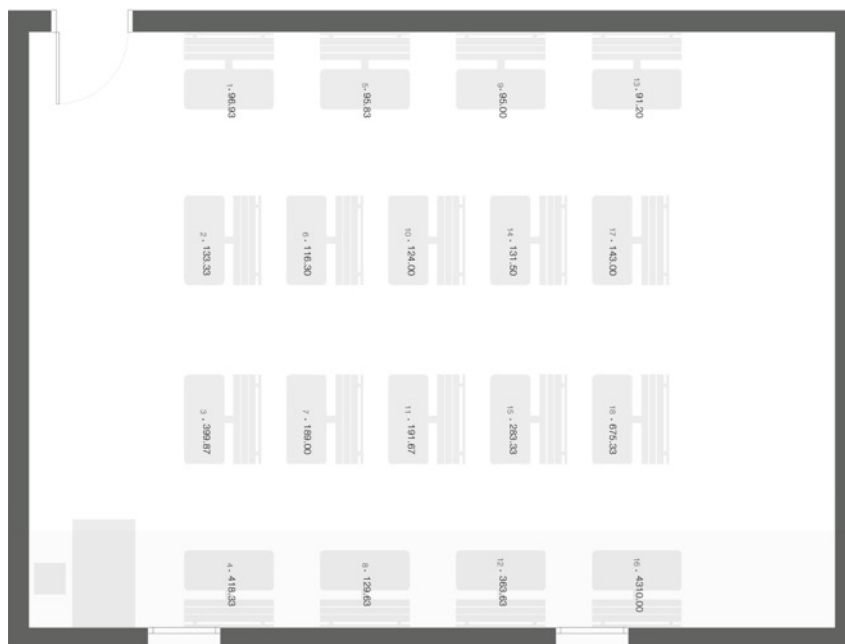
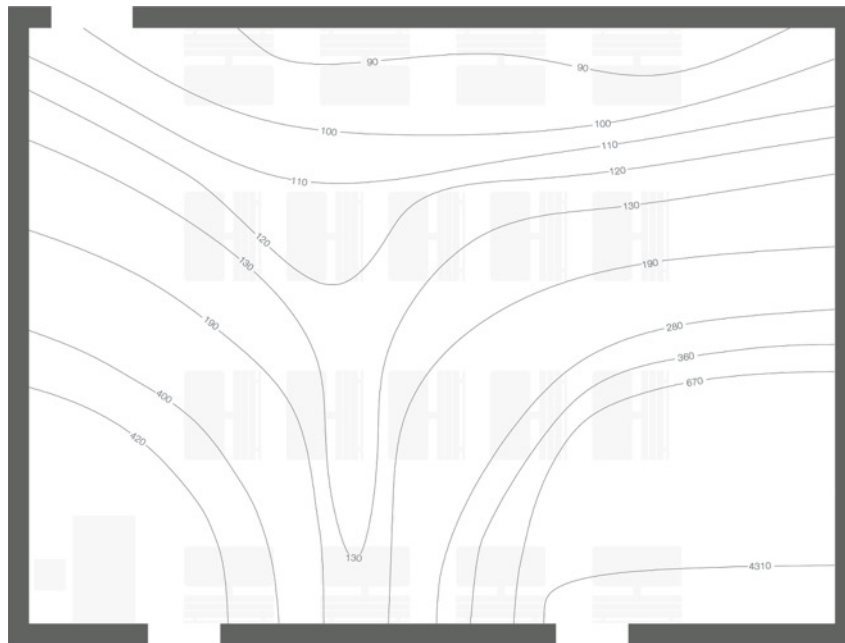


Figura A VII-2: Mapa iso-lumínico del aula 2

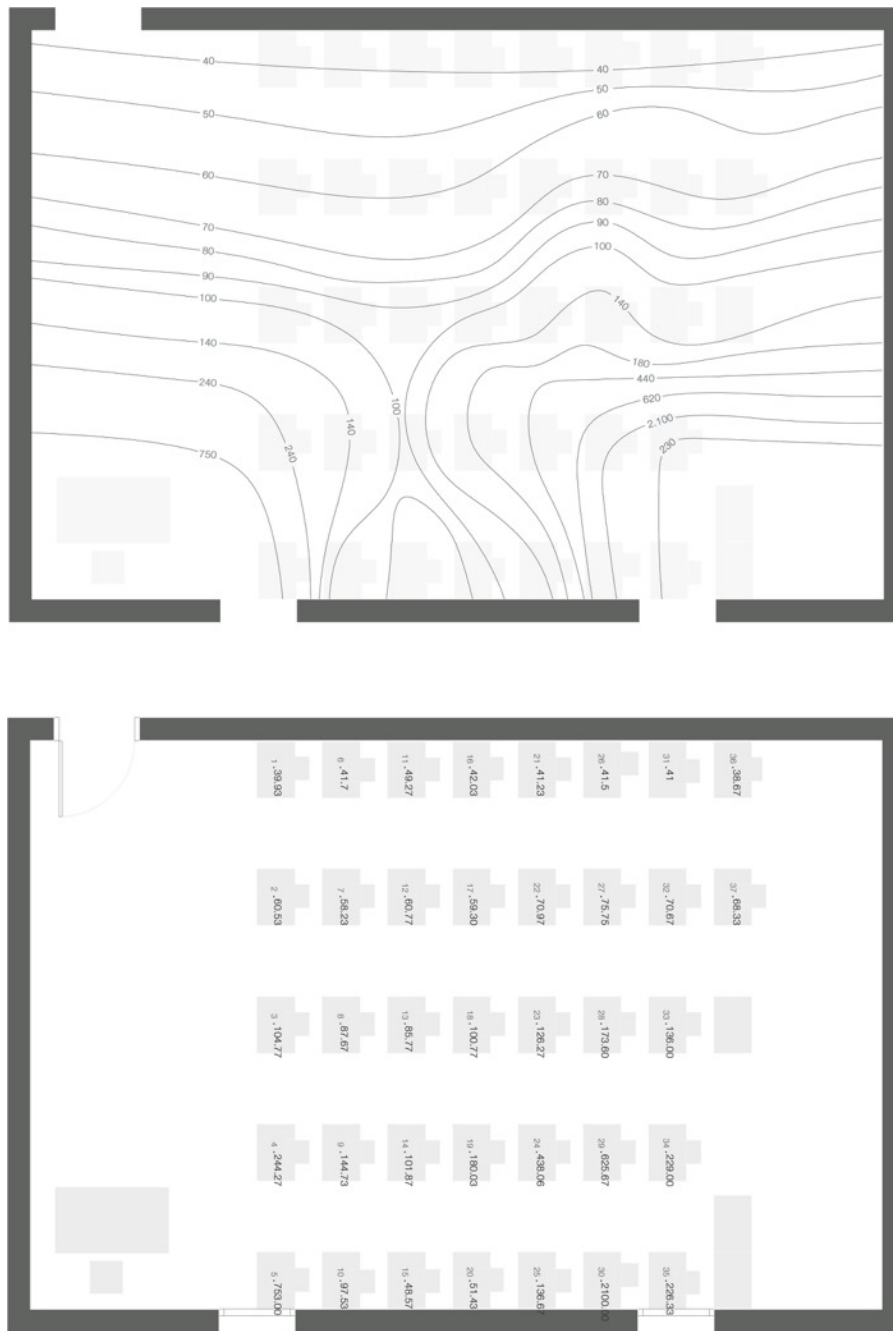


Figura A VII-3: Mapa iso-lumínico del aula 3

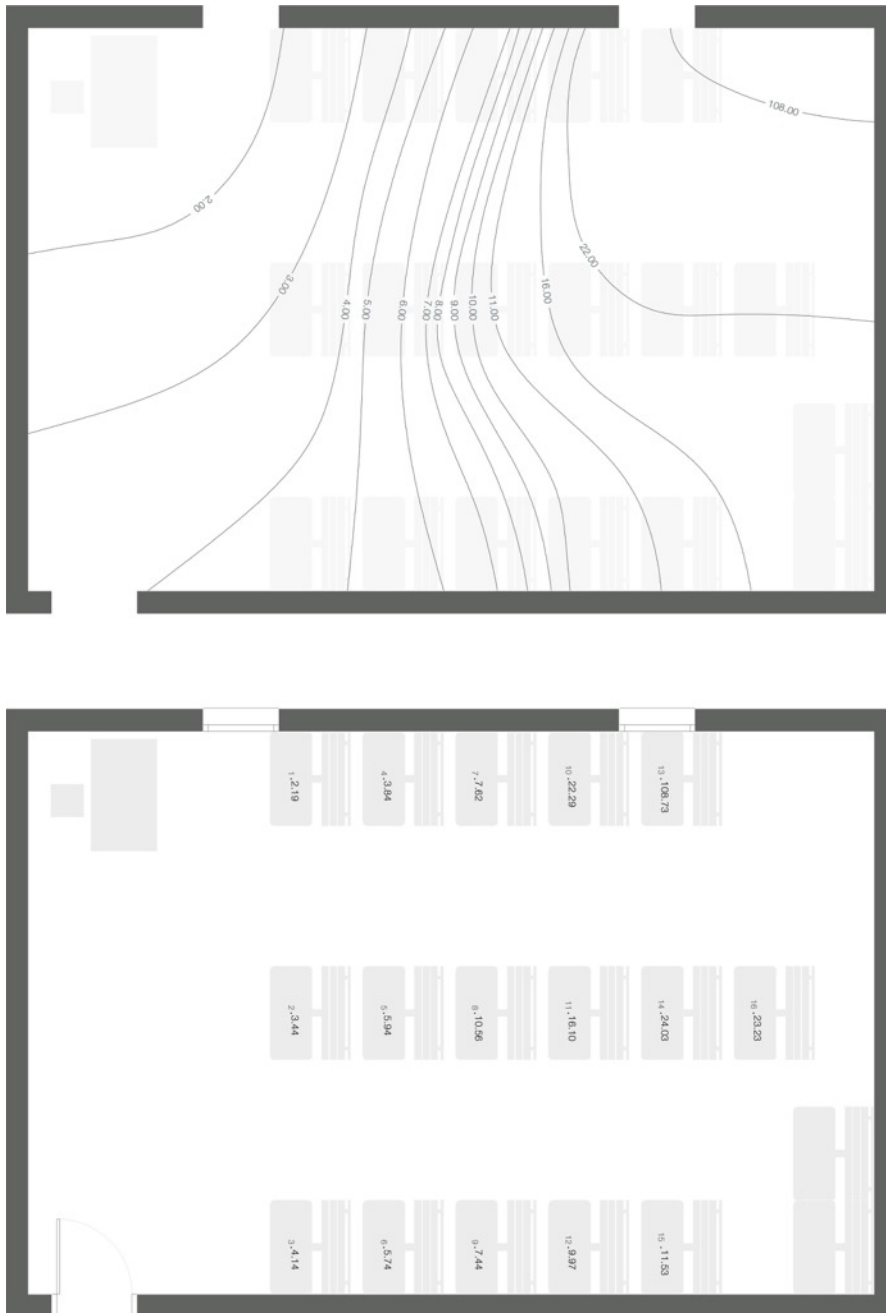


Figura A VII-4: Mapa iso-lumínico del aula 4

II. Colegio de primaria Lal Handala

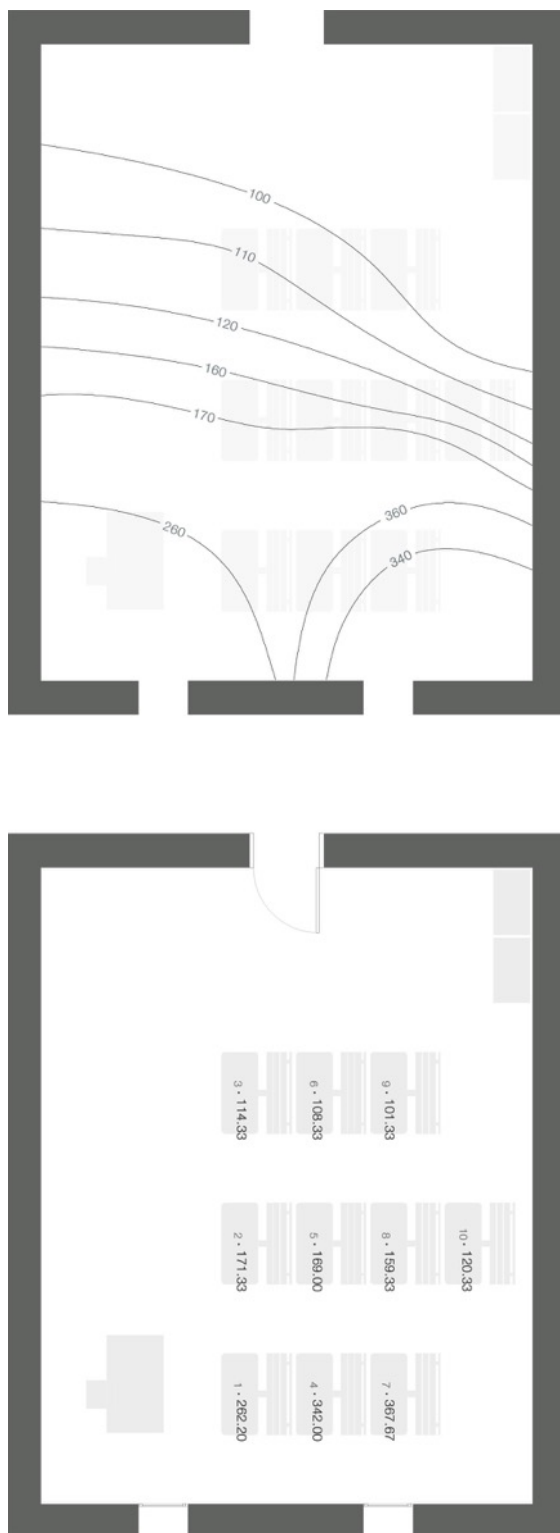


Figura A VII-5: Mapa iso-lumínico del aula 1

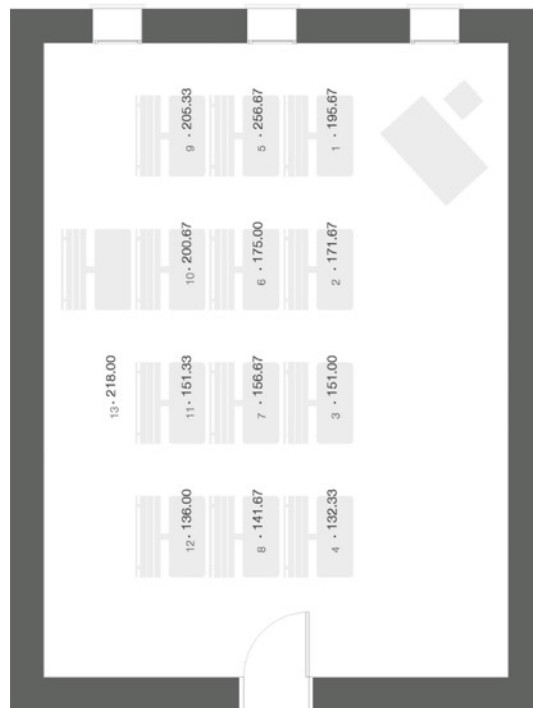
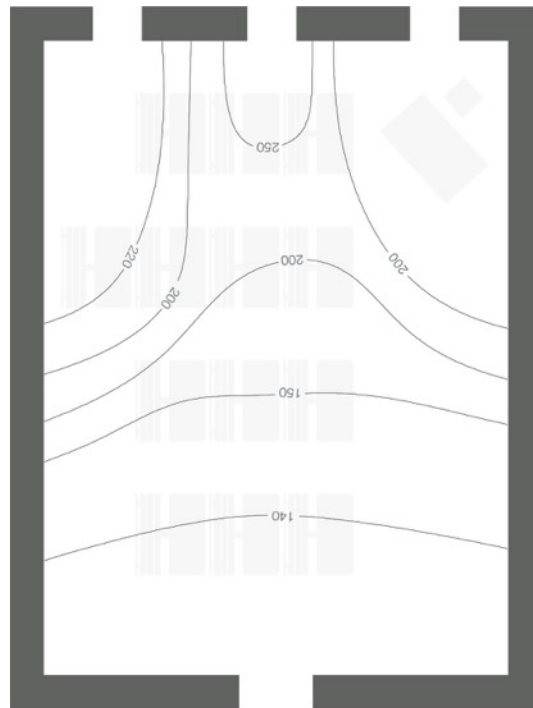


Figura A VII-6: Mapa iso-lumínico del aula 2

III. Colegio de primaria Salem Ahmed Barkala

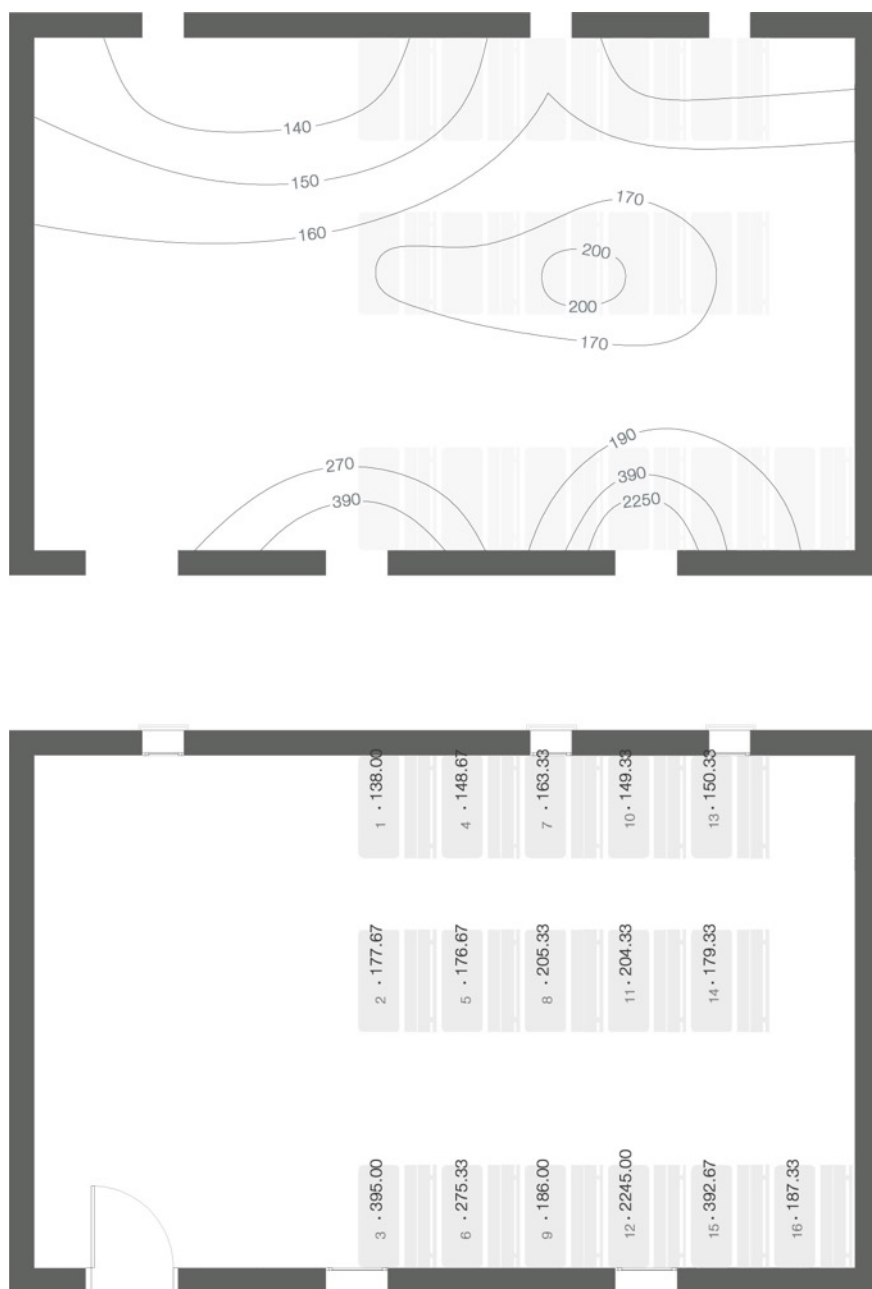


Figura A VII-7: Mapa iso-lumínico del aula 1

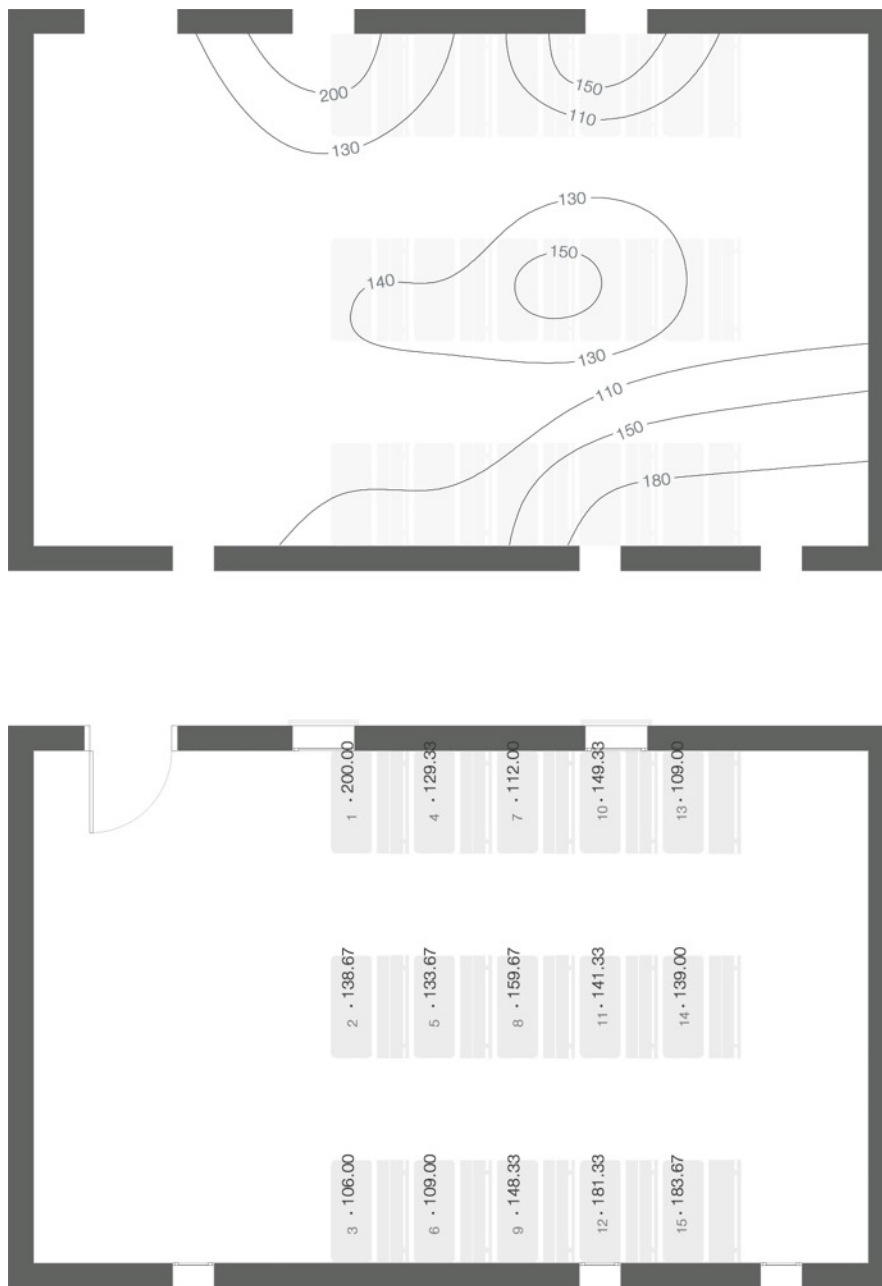


Figura A VII-8: Mapa iso-lumínico del aula 2