

# Оценка аргентинских светодиодных светильников для уличного освещения<sup>1</sup>

П.Р. ИКСТЕНА\*, А.А. ПУЧЕТА, К.Л. КОЛОННА, Н. БУФО

Лаборатория акустики и светотехники, Комиссия научных исследований, провинция Буэнос-Айрес, Аргентина

\*E-mail: pixtaina@gmail.com

## Аннотация

В работе представлена статистическая сводка результатов, полученных в результате фотометрических, термических, химических и механических испытаний, проведённых в Лаборатории акустики и светотехники (*Laboratorio de Acústica y Luminotecnia*) светодиодных светильников для уличного освещения в период 2017/18 года. Исследование охватывает 152 светильника и содержит образцы разного происхождения или от разных производителей, одного типа или модели (например, одного и того же корпуса) с различными вариациями светодиодных плат. Также описаны результаты расчётов яркости и освещённости, проведённых в переоборудованных установках (или на этапе тестирования). Представленные результаты важны как для импортеров и производителей светодиодных светильников, так и для проектировщиков и монтажников, поскольку они позволяют визуализировать моменты, которые заслуживают внимания, для получения продукта подходящего качества.

**Ключевые слова:** светодиоды, энергоэффективность, уличное освещение.

## 1. Введение

Новый План эффективного освещения (*PLAE*), разработанный Министерством энергетики и горнодобывающей промышленности при Президенте страны, предлагает замену светильников на более эффективные приборы со светодиодами. Он состоит из государственного финансирования перехода на светодиодные технологии, основной целью которого является снижение потребления уличного освещения. *PLAE* устанавливает технические параметры [1], которые

определяют минимальные требования, которым должны соответствовать устанавливаемые приборы. Эти технические параметры были получены в результате заседаний с различными людьми, работающими в этой сфере: Ассоциация Освещения Аргентины (*Asociación Argentina de Luminotecnia*), Заместитель Управления государственных служб провинции Буэнос-Айрес, национальные и провинциальные лаборатории и т.д. Параметры основывались на действующих национальных стандартах: *IRAM AADL J2021, J2022, J2028, J2020* [2–5].

В связи с этим Лаборатория акустики и светотехники Комиссии научных исследований (*LAL–CIC*), как одна из авторитетных лабораторий для проведения технических испытаний, изучила значительную часть аргентинских и импортных образцов. В требованиях *PLAE* к традиционным фотометрическим, механическим, термическим и спектральным испытаниям были добавлены специальные испытания на продолжительность, термоустойчивость и цикличность, основанные на стандартах [2–5]. Полученные результаты отличаются друг от друга, подтверждая, что местные стандарты не сопоставимы с другими рынками.

## 2. Тесты, запрошенные в рамках *PLAE*

Необходимые испытания перечислены в Технических параметрах пла-

на [1]. Они включают набор испытаний, взятых в основном из [2], которые приведены в табл. 1.

Кроме того, в соответствии со стандартом МЭК 62262–2002 [6] необходимо проверить ударную прочность покрытия:  $IK = 8$  или выше для стёкол и  $IK = 10$  или выше для полимеров.

Как видно из табл. 1, необходимые испытания являются типичными испытаниями, которые применяются в Аргентине. В этом смысле стоит отметить, что они, прежде всего, основаны на [2], первая версия которой была получена в 1974 году. Новый тип испытаний в *PLAE* – это тест на спад потока, в котором делается попытка оценить ожидаемую продолжительность работы светодиодного светильника и который далее описан в деталях.

## 3. Общие характеристики основных испытаний

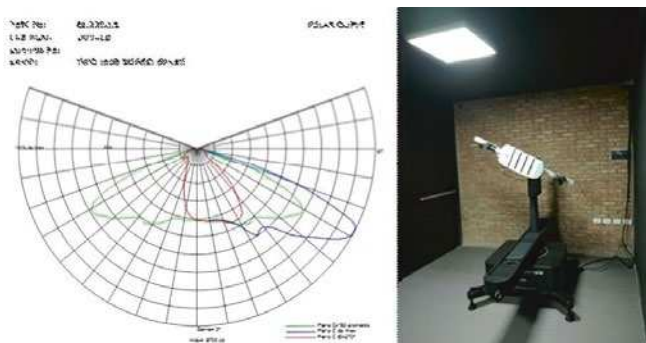
### 3.1. Фотометрия и цветность

Фотометрическое испытание является традиционным в Аргентине. Такое нормирование берёт свои истоки в середине 70-х годов и основывается на [3]. Светодиодные светильники внесли два изменения в стандарт (2013 г.): использование абсолютных значений интенсивности и эффективности, а также параметры цветности и измерения при помощи спектрометра. На рис. 1 и 2 показано оборудование *LAL* и характерные результаты этих испытаний.

### 3.2. Испытания на качество краски

Испытание брызгами соли относится к *IRAM 121* [7] от 1957 года. Испытание основано на старой версии *ASTM 117* [8] и заключается в помещении всего образца в соляную среду для проверки уровня механической

Рис. 1. Пример фотометрических результатов и оборудование *LAL*



<sup>1</sup> Перевод с англ. А.Ю. Басова

защиты, имеющейся за счёт защитных покрытий (красок). Требование регулируется продолжительностью теста: 240 ч – минимальное время, указанное *IRAM* для красок, хотя оно может быть увеличено до 500 или 1000 ч в особых ситуациях и/или по соглашению между поставщиками и покупателями (типичный случай – это установка в зонах морского побережья). Результат оценивается при осмотре: стандартные краски не допускают образования пузырей или подъём покрытия, а также ни в коем случае не допускают окисление или растрескивание основного материала. На рис. 3 изображено оборудование *LAL* и примеры исследуемых образцов.

В связи с этим испытанием затем следует испытание на передаточное сопротивление резьбовых деталей, которое заключается в практической проверке того, что анкерные или крепёжные винты могут быть без проблем удалены после воздействия солёной среды с использованием подходящих инструментов для этой работы.

В качестве дополнения проверяется адгезионная способность и стойкость к вдавливанию слоёв краски с целью определения качества покрытия и его фиксации на основании. В этом смысле некачественная краска или её плохое нанесение не гарантирует защиту, необходимую для материала с покрытием, и наносит ущерб сроку службы изделия.

### 3.3. Другие механические и электрические тесты

В испытании на вибрацию используется машина, способная вызвать ускорение в  $2g$  в наиболее востребованной точке светильника в течение  $100000 \pm 1000$  циклов на резонансной частоте, чтобы определить способность фиксации зажимов и механическое сопротивление всех компонентов светильника. На том же оборудовании действие вибрации с ускорением  $4g$  в наиболее востребованной точке светильника позволяет определить поведение образца по отношению к случайным ударам во время его переноса и установки.

Также стоит отметить испытание на пыленепроницаемость и водонепроницаемость оптического отсека и поведение вспомогательного оборудования. Оба испытания предназ-

Рис. 2. Пример испытаний на цветность и спектр

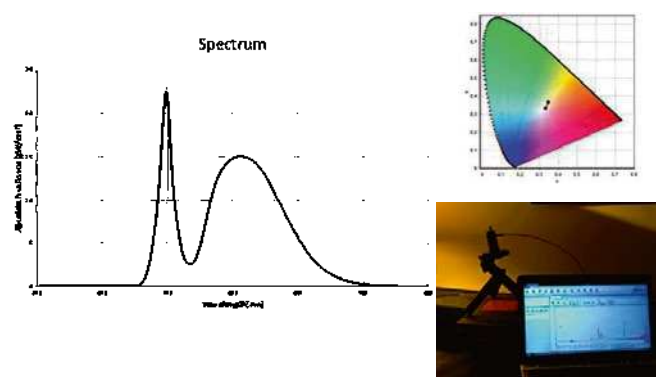


Рис. 3. Оборудование *LAL* для испытаний брызгами соли и результаты (фотографии автора)

Рис. 4. Испытания на *IP* (слева) и непроницаемость (фотографии автора)



начены для оценки сомкнутости разных отсеков, что напрямую связано с длительностью работы устройства. Этот тест (рис. 4), обычно известный как степень *IP*, также основан на более старом стандарте *IRAM 2444* [9].

Наконец, отметим испытания, связанные с электробезопасностью: главный соединительный блок (*gear tray*) и проверка заземления. Последнее ис-

пользует источник низковольтного постоянного тока, с помощью которого ток по меньшей мере  $10\text{ A}$  циркулирует между клеммой заземления на главном соединительном блоке и каждой достижимой металлической частью. Значение сопротивления не должно превышать  $0,20\text{ Ом}$ , что обуславливает учёт в конструкции проводов крыши и подвижных частей.

Рис. 5. Аспекты эксплуатационного испытания на 6000 ч (фотография автора)



Рис. 6. Типы светодиодных технологий

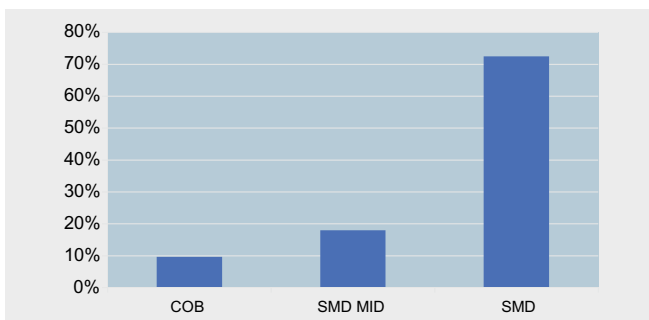


Рис. 7. Виды покрытий

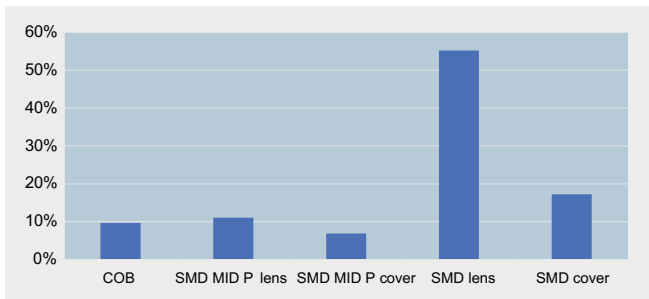
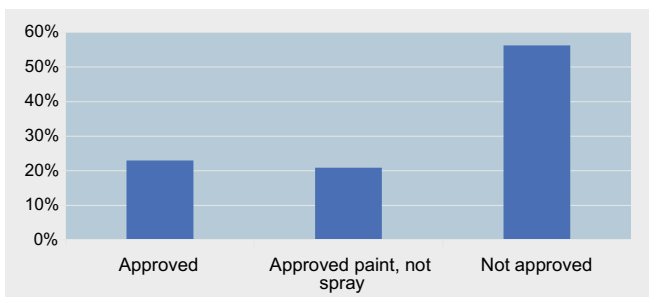


Рис. 8. Неудачи при брызгах соли и окраске



### 3.4. Оценка срока службы прибора

В этой проверке объединены три теста, на которые стоит обратить особое внимание, поскольку они являются эксклюзивными для светодиодных продуктов:

а. Термоустойчивость, которая заключается в нахождении светильника в течение часа при температуре  $-10^{\circ}\text{C}$  и сразу после этого при температуре

$50^{\circ}\text{C}$  в течение часа. Цикл повторяется пять раз;

б. Испытания на 5000 циклов включения и выключения (оба по 30 с), которые проводятся после испытаний на термоустойчивость.

После завершения обоих испытаний светильник должен продолжать работать без видимого ущерба.

в. Спад светового потока во времени, оценка коррелированной цветовой температуры (КЦТ) и индекса цвето-

передачи *CRI*. Испытание заключается в осуществлении «старения» светильника посредством его непрерывной работы в течение 6000 ч (рис. 5) – периода, после которого происходит спад светового потока. Также проверяется изменение КЦТ относительно начального значения до старения.

## 4. Результаты

Стоит отметить распределение продукции в зависимости от различных светодиодных технологий для уличного освещения. На рис. 6 показано это распределение в общей сложности для 152 задействованных светильников (общее количество включает тот же тип или модель, но с разной мощностью или количеством светодиодов). Отмечаются следующие категории: *COB* (чип на плате), *SMD MID* (устройство поверхностного монтажа, поверхностная сборка, средняя мощность) или *SMD* (устройство поверхностного монтажа, высокая мощность).

Хотя национальная рекомендация по конструкции [4] предусматривает использование съёмных и сменных защитных покрытий, на рынке есть и другие варианты. Рис. 7 показывает соотношение между различными вариантами.

На рис. 7 обозначение *cover* соответствует случаю, когда действительно имеется взаимозаменяемое и независимое плоское закрытие линзы. Обозначение *lens* относится к отражателю с фокусирующими оптическими функциями, а также к тому, что он также является защитой светодиода, которую можно прикрепить/закрепить с помощью крепёжных элементов или винтов, и, хотя он может быть удалён, он не предназначен для замены.

В дополнение к распределениям, указанным на рис. 1 и 2, в табл. 2 показаны типичные диапазоны мощности для светодиодов и общие световые отдачи участвующих образцов. Значения в скобках соответствуют покрытиям из стекла. Стоит отметить, что последняя версия требований *PLAE* допускает минимальную световую отдачу, равную 105 лм/Вт, для светильников, имеющих защитное покрытие стекла или полимерный корпус, не содержащий линзу, и выше или равную 120 лм/Вт для светильников без него.

Испытания на защитное покрытие – краска и солевые брызги – относятся

Испытания *PLAE*

Требование и испытание	Описание
<i>IRAM AADL J</i> 2022–1	Фотометрия
4.1–3 и 5.1–3	Брызги соли для всего светильника (240 ч)
4.4 и 5.4	Передающее сопротивление резьбовых деталей
4.6 и 5.6	Клейкость лакокрасочных покрытий
4.7 и 5.7	Устойчивость к вдавлению лакокрасочных покрытий
4.8 и 5.8	Ускоренное термическое старение швов в эластомерном материале
4.10 и 5.10	Вибрация
4.11 и 5.11	Ударное воздействие
4.12 и 5.12	Пластическая деформация элементов в пластиковом материале
4.13 и 5.13	Сопротивление кручению светильников с резьбовым соединением
4.14 и 5.14	Сопротивление кручению светильников бокового соединения
4.15 и 5.15	Система фиксации подвешенных светильников
4.20 и 5.20	Термоудар для стеклянных крышек
4.22 и 5.22	Сопротивление раздавливанию в плоскостях смыкания
4.24–25 и 5.24–25	Водонепроницаемость и пыленепроницаемость корпуса прибора
4.24–25 и 5.24–25	Водонепроницаемость и пыленепроницаемость оптического отсека
4.27 и 5.27	Главный соединительный блок
4.29 и 5.29	Град
4.39 и 5.39	Заземление
Дополнительное испытание	Термическая нагрузка
Дополнительное испытание	Цикл зажигания
Дополнительное испытание	Затухание светового потока во времени, оценка КЦТ и индекса цветопередачи
Дополнительное испытание	Определение веса всего светильника

к числу тех, согласно которым больше образцов не соответствует требованиям, установленным стандартом. Статистика показана на рис. 8.

В испытаниях краски недостаток адгезии был повторяющимся провалом. При брызгах соли (240 ч) наблюдалось появление пузырей, особенно в зонах рядом с зажимами или крепёжными элементами (соединения между алюминием и железными сплавами). В меньшей степени было обнаружено окисление основного материала или винтов.

Нарушения водонепроницаемости, в основном в корпусах для вспомогательного устройства, также были важны. В большинстве обнаруженных случаев системы открывания типа «без инструмента» (защёлкивающиеся крючки или скобы) не оказывали достаточного давления для обеспечения закрытия. Следует отметить тот факт, что светильники, закрывающиеся с помощью винтов, которые обеспечивают более простую и безопасную конструкцию для обеспечения герметичности, были многочисленными, хотя они не были учтены в стандарте *IRAM* [4].

Процент неудач в остальных испытаниях был ниже. Наблюдались следующие повторяющиеся проблемы:

- Неисправности (поломки) в стеклянных покрытиях во время теста *IK8*. Процент составлял менее 10 % исследованных образцов и в основном затрагивал плоские преломляющие стёкла, собранные без рамки;

- От 20 до 30 % с недостатками в проводке: отсутствие заземления, клеммная колодка с неадекватной маркировкой, отсутствие клеммы заземления;

- Примерно 30 % фотометров не подтвердили, что отношение в требованиях *PLAE*  $I_{\max} / I_0$  выше 2, и в равной степени цветовая температура вышла за пределы требуемого диапазона (3000–4500 К).

#### 4.1. Результаты в установках

Здесь мы упоминаем только пару случаев в рамках технической помощи, оказанной *LAL* муниципалитетам из провинции Буэнос-Айрес. В этих исследованиях существовала возможность проводить стандартизированную оценку [10] новой установки (со светодиодными светильниками) и зон с предыдущей системой (с на-

триевыми лампами высокого давления). Следует отметить, что первоначальная установка существует с 90-ых годов с минимальным обслуживанием. В табл. 3 показаны эти результаты. Аналогичная информация содержится в [11] для случаев с автомагистралями и обратными преобразованиями, проведёнными в предыдущие периоды.

#### 5. Заключение

Полный анализ результатов и происхождения тестируемых продуктов позволяет сделать следующий вывод: местные стандарты в отношении

глобальной защиты продуктов (краска и устойчивость к коррозии) выше средних показателей для других продуктов на рынке. Кроме того, наблюдается чрезмерное внимание к присвоению высоких *IP* (66), которые часто не выполняются в плоскостях смыкания.

Наконец, остаётся спорной важность установления требований к качеству, таких как требования *PLAE* [1], поскольку в некотором роде они устанавливаются методические рекомендации с последующими частными техническими спецификациями от разных покупателей (ратуша, ко-

Типичные значения мощности и эффективности

Технология	Мощность светодиода (Вт)	Световая отдача (лм/Вт)
COB	34–66	110–150
SMD MID	0,26–0,95	108–141
SMD	2,2–3,3	120–155

Таблица 2

to. Clasificación y niveles de iluminación. (IRAM-AADL J 2022–2 Standard (2013). Street lighting. Traffic routes. Classification and lighting levels).

11. Ixtaina P., Armas A., Bannert B., Bufo N. Iluminación led en autopistas argentinas // Memorias del XIII Congreso Panamericano de Iluminación LUXAMÉRICA, – 2016. – С. 192–196.

Оценка установки

Установка	$E_{ср}$ , лк	Мощность, Вт	Плотность нормированной мощности (Вт/м <sup>2</sup> лк) (6×39м)
Первоначальная (НЛВД 250)	7,6	2×250 = 500 +10 % = 550	0,310
Преобразованная (LED150)	27,1	2×150 = 300	0,047
Установка	$E_{ср}$ , лк	Мощность, Вт	Плотность нормированной мощности (Вт/м <sup>2</sup> лк) (7×30м)
Первоначальная (НЛВД 250)	18,6	1×250 = 250 +10 % = 280	0,072
Преобразованная (LED148)	32,0	1×139 = 139	0,021

Таблица 3

оперативы и т.д.). Финальный тест преобразованной установки не настолько обобщён (оценка освещённости согласно стандарту); и это является очень важным моментом, который необходимо принимать во внимание, чтобы действительно улучшить систему освещения.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность *CIC RVA*, в которой П.Р. Икстена является членом исследовательского центра, Н. Буфо и А.А. Пучета являются вспомогательным персоналом.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. República Argentina. Ministerio de Energía y Minería (2018). Especificación Técnica para la adquisición de luminarias LED para Alumbrado Público. (Argentinian Republic. Ministry of Energy and Mining (2018). Technical Specification for the acquisition of LED Street Lighting luminaires ([https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/especificaciones\\_tecnicas\\_2.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/especificaciones_tecnicas_2.pdf)).

2. NORMA IRAM-AADL J 2021 (2015). Alumbrado público. Luminarias para vías de tránsito. Requisitos y métodos de ensayo. (IRAM-AADL J 2021 Standard (2015). Street lighting. Luminaires for traffic routes. Requirements and test methods).

3. NORMA IRAM-AADL J 2022–1 (2013). Alumbrado público. Luminarias. Clasificación fotométrica. (IRAM-AADL J 2022–1 Standard (2013). Street lighting. Luminaires. Photometric classification).

4. NORMA IRAM-AADL J 2020–4 (2014). Luminarias para vías públicas. Características de diseño. Luminarias LED. (IRAM-AADL J 2020–4 Standard (2014). Luminaires for public roads. Design features LED luminaires).

5. NORMA IRAM-AADL J 2028 (1987). Luminarias. Requisitos generales y métodos de ensayo. (IRAM-AADL J 2028 Standard (1987). Luminaires General requirements and test methods).

6. IEC62262 Ed. 1.0 b (2002). Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code).

7. Norma IRAM 121 (1957). Ensayo de revestimientos. Prueba de exposición a la niebla de sal. (IRAM 121 Standard (1957). Coatings test. Exposure test to salt fog).

8. ASTM B117 (2016). Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus.

9. Norma IRAM 2444 (1982). Grados de protección mecánica proporcionada por las envolturas de equipos eléctricos. (IRAM Standard 2444 (1982). Degrees of mechanical protection provided by the wrappings of electrical equipment).

10. NORMA IRAM-AADL J 2022–2 (2013). Alumbrado público. Vías de tránsito.



**Пабло Р. Икстена,**

профессор Национального и Технологического Университетов Ла-Платы (Аргентина). Научный сотрудник Комиссии научных исследований (Буэнос-Айрес). Директор Лаборатории акустики и светотехники LAL, Буэнос-Айрес. Является членом комиссии «Общественное освещение» (IRAM). Имеет около 40 публикаций



**Агустин А. Пучета,**

инженер-электромеханик Национального Университета Ла-Платы. Учёный Комиссии научных исследований *CIC*. Закончил аспирантуру в Национальном Университете Ла-Платы, проходил практику в лаборатории LMT (Берлин, Германия). В настоящее время занимается исследованиями в области светотехники в Лаборатории акустики и светотехники *CIC*



**Карлос Л. Колонна,**

инженер по электронике Национального Университета Ла-Платы, докторант *CIC*. Закончил аспирантуру в Национальном Университете Ла-Платы. В настоящее время занимается исследованиями в области светотехники в Лаборатории акустики и светотехники *CIC*



**Николас Буфо,**

техник *CIC*. В настоящее время занимается исследованиями в области светотехники в Лаборатории акустики и светотехники *CIC*